

Risco de Crédito

Implementação de um modelo estrutural para estimar probabilidades de *default* e *Credit Default* *Swap spreads*.

Tese apresentada por:

Luís Miguel Aragão Duarte Gonçalves

Dissertação submetida como requisito principal para obtenção do grau de

Mestre em Análise Financeira

Orientador:

Professor Doutor José Carlos Gonçalves Dias

Agosto 2015

Risco de Crédito

Implementação de um modelo estrutural para estimar probabilidades de *default* e *Credit Default* *Swap spreads*.

Tese apresentada por:

Luís Miguel Aragão Duarte Gonçalves

Dissertação submetida como requisito principal para obtenção do grau de

Mestre em Análise Financeira

Orientador:

Professor Doutor José Carlos Gonçalves Dias

Agosto 2015

Dedicatória

Contigo aprendi o significado do verbo lutar. Lutar em cada minuto, em cada segundo com se não houvesse o próximo. Lutar por aquilo que se quer, por aquilo que se quer ser. Lutar por viver só mais um instante.

Aprendi a brindar a vida com um sorriso rasgado como só tu tens, pois só tu soubestes lutar.

Aprendi a ser pai, a lutar!

Este é para ti, Diogo!

Agradecimentos

Embora corra o risco de me esquecer de alguém, no término desta fase importante da minha vida académica, é justo agradecer a quem sempre esteve do meu lado e nunca deixou que este ficasse a meio.

Ao Professor Doutor José Carlos Dias pela sua enorme capacidade de transmitir os seus muitos conhecimentos, pelo incentivo e orientação que proporcionou, e pela disponibilidade que sempre demonstrou.

À Raquel, a quem lhe devo muito do tempo que precisa um trabalho desta envergadura e pela paciência que teve nos momentos mais difíceis em incentivar o seu marido a não desistir.

À Lurdes e ao Fernando pelos ensinamentos de uma vida que se refletiram nesta “batalha”. A humildade, a perseverança, a persistência e a ambição serão para sempre lembrados por este vosso filho.

Ao António Caiado à Teresa e à Ana Luísa que sempre me acolheram como um filho.

Ao Fernando Carrolo pela amizade sempre demonstrada e pelo carinho incondicional.

Ao Mário Ribeiro e ao Paulo Feiteira, pela excelente tripla que fizemos neste Mestrado, nos diversos desafios que tivemos que ultrapassar até chegar aqui.

A todos os meus professores, desde o 1º ano até ao Mestrado, pelos ensinamentos que me transmitiram e pela qualidade académica demonstrada.

A toda a Direção de Mercados de Capitais do Banco BIC Português SA, em particular ao colega Pedro Bravo pela disponibilidade que revelou na disponibilização de dados através da plataforma da Bloomberg.

Sem vocês este trabalho não seria possível. A todos vós o meu muito obrigado!

Resumo

Este trabalho tem como objetivo, calcular e comparar *Credit Default Swap* (CDS) *spreads* teóricos, calculados através de um modelo estrutural, com CDS *spreads* empíricos observados no mercado de uma empresa portuguesa cotada em bolsa de valores. O modelo escolhido foi o Modelo CreditGrades baseado no trabalho de Merton (1974) e Black e Cox (1976), que calculou as probabilidades de *default* e os *credit spreads* através de dados de balanço e do mercado acionista. A finalidade é medir como é que o modelo consegue explicar os CDS *spreads* observados e se têm alguma capacidade de previsão.

Descobrimos que as alterações dos *spreads* teóricos e empíricos são significativamente correlacionados. Também as alterações dos *spreads* teóricos com desfasamento de um dia, são correlacionados com as alterações atuais dos *spreads* empíricos da empresa. As correlações indiciam uma relação próxima entre o mercado acionista e o mercado de CDS e também uma certa capacidade preditiva do modelo CreditGrades. Montámos uma estratégia de negociação baseada nas correlações e na capacidade de previsão do modelo, que produziu retornos positivos.

Palavras-Chave: Risco de Crédito, Modelo CreditGrades, Probabilidade de Default, Credit Default Swap.

Abstract

This master thesis examines and compares theoretical Credit Default Swap (CDS) spreads created by a structural model framework with empirical CDS spreads from a Portuguese firm, quoted on stock market. The model employed is the CreditGrades model based on the Merton model (1974) and Black e Cox (1976), which calculates default probabilities and credit spreads from balance sheet and equity data. The aim is to measure how well the model can explain the observed CDS spreads and if it has any predictive ability.

Theoretical and empirical spread changes were found to be significantly correlated. Also lagged theoretical spread changes were correlated with current corporate spread changes. The correlations indicate a close relationship between the stock market and the CDS market and also indicate some predictive ability of the CreditGrades model. Simple trading strategy based on correlations and predictive ability of the model produced positive profits.

Keywords: Credit Risk, CreditGrades Model, Default Probability, Credit Default Swap.

Índice de conteúdos

1. Introdução	1
2. A gestão dos riscos financeiros	5
3. O risco de crédito	7
3.1. Risco da contraparte.....	8
3.2. Risco emissor	9
3.3. Risco país	9
3.4. Risco liquidação	9
3.5. Parâmetros de Risco de Crédito	9
3.6. Modelos de Risco de Crédito.....	10
3.6.1. <i>Bankruptcy forecasting models</i>	11
3.6.2. <i>Credit rating models</i>	12
3.6.3. <i>Reduced form models</i>	14
3.6.4. <i>Incomplete information models</i>	14
4. Os derivados de crédito	15
4.1. Variantes dos derivados de crédito	16
4.2. Credit default swap	17
4.2.1. Os eventos de crédito.....	20
4.2.2. Formas de liquidação dos CDS	20
4.2.3. Contrato de CDS versus contrato de seguro	22
4.2.4. Especulação com CDS.....	23
4.2.5. Os riscos associados aos CDS	23
4.2.6. A relação entre CDS <i>spreads</i> e a <i>yield</i> das obrigações.....	25
4.2.7. O puzzle dos <i>credit spreads</i>	26
4.2.7.1. <i>Spreads</i> das obrigações.....	26
4.2.7.2. CDS <i>spreads</i>	27
5. Modelos estruturais	29
5.1. O modelo de Merton	29
5.1.1. Limitações do modelo de Merton	36
5.1.2. Extensões do modelo de Merton	37
5.1.2.1. Estrutura de capital	37
5.1.2.2. Valor dos ativos	38

5.1.2.3. Modelos de primeira passagem	38
5.2. O modelo CreditGrades	39
5.2.1. Probabilidade de sobrevivência	41
5.2.1.1. Probabilidade de sobrevivência aproximada	42
5.2.1.2. Probabilidade de sobrevivência exata.....	43
5.2.1.3. Probabilidade de <i>default</i>	44
5.2.2. Cálculo de <i>Credit Default Swap spread</i>	45
5.2.3. A performance do modelo CreditGrades.....	47
6. Aplicação a um caso real.....	49
6.1. Banco Espírito Santo. O velho banco.....	49
6.2. Enquadramento Macroeconómico	51
6.3. Dados e metodologia adotada	52
6.3.1. Dados	53
6.3.2. Metodologia adotada	53
7. Resultados	55
7.1. Estatística descritiva	58
7.2. Relação entre os <i>spreads</i> teóricos e empíricos	59
7.3. Estratégia simples de arbitragem.....	61
8. Conclusões	65
8.1. Sugestões para outros estudos	66
Bibliografia.....	67

Lista de figuras

Figura 1: Classificação dos riscos das empresas.	6
Figura 2: Classificação dos modelos de risco de crédito.....	10
Figura 3: Taxas de <i>default</i> acumuladas para vários <i>ratings</i> no período 1981-2012 (2013 Investor Fact Book McGraw Hill Financial).	13
Figura 4: Taxas de <i>default</i> acumuladas por tipo de investimento no período 1981-2012 (2013 Investor Fact Book McGraw Hill Financial).....	13
Figura 5: Variantes e formas dos derivados de crédito.	17
Figura 6: Evolução do mercado de CDS.	18
Figura 7: Representação de um contrato de CDS.....	19
Figura 8: Mecânica da <i>protection leg</i> no caso da liquidação física.....	21
Figura 9: Mecânica da <i>protection leg</i> no caso da liquidação financeira.	22
Figura 10: Estrutura de capital simplificada do Modelo de Merton (1974).	30
Figura 11: Estrutura temporal dos <i>credit spreads</i> através do Modelo de Merton (1974).	36
Figura 12: A dinâmica do modelo CreditGrades.....	40
Figura 13: Cotação das ações do BES e volume transacionado entre 01/08/2013 e 01/08/2014.....	50
Figura 14: Evolução CDS <i>spreads</i> de mercado vs. CreditGrades CDS <i>spreads</i> , com $\lambda=5\%$	55
Figura 15: Evolução CDS <i>spreads</i> de mercado vs. CreditGrades CDS <i>spreads</i> , com $\lambda=10\%$	56
Figura 16: Evolução CDS <i>spreads</i> de mercado vs. CreditGrades CDS <i>spreads</i> , com $\lambda=15\%$	56
Figura 17: Variação diária dos <i>spreads</i>	57
Figura 18: A transformação do CDS <i>spread</i> em spread da Obrigação.	62

Lista de tabelas

Tabela 1: Notações de <i>rating</i> de longo prazo das Agências Moddy's, Standard & Poor's e Fitch.	12
Tabela 2: Risco de crédito e risco de contraparte.	24
Tabela 3: Probabilidades de <i>default</i>	58
Tabela 4: Estatística descritiva das variações diárias dos <i>spreads</i>	58
Tabela 5: Teste de Ljung-Box.	59
Tabela 6: Correlações entre as variáveis.	60
Tabela 7: Regressão OLS.	60
Tabela 8: Resultados da estratégia de negociação com limite $\pm 0,01$	62
Tabela 9: Resultados da estratégia de negociação com limite $\pm 0,02$	63

1. Introdução

O risco de crédito tem sido alvo de uma nova e crescente importância, para os diversos agentes financeiros, desde o colapso da crise de crédito imobiliário, denominada de crise do *subprime*, em meados de 2007 nos Estados Unidos da América. Hoje em dia aparece não só como o risco tradicional que as instituições financeiras correm quando, fazendo uso das suas funções de intermediação financeira, financiam a economia, mas também como instrumento financeiro transacionado por todo o mundo. Estas atividades têm que ser monitorizadas, geridas e mensuradas.

A arquitetura de funcionamento do sistema financeiro contemporâneo é pautada pelo modelo “*originate and distribute*” ancorado nas finanças securitizadas e na expansão da inovação financeira. Este estágio de desenvolvimento financeiro apresenta uma rede complexa de instituições, instrumentos e veículos, erigidas fora dos balanços dos bancos com o intuito de transferir riscos para outros agentes. No processo de surgimento deste novo modelo de organização das finanças, os grandes bancos internacionais deixaram de atuar como meros intermediários financeiros como no modelo anterior (*originate and hold*), abandonando o seu papel tradicional de atuação e passaram a desenvolver um vasto conjunto de atividades interligando diversas instituições e mercados num âmbito global.

A crescente difusão da securitização e dos derivados de crédito está relacionada, por um lado, com a transformação do crédito bancário em ativos negociáveis e, por outro, ao processo de arbitragem regulatória que os bancos utilizam para cumprirem com as regras de adequação de capital ponderadas pelo risco, emanadas sobretudo dos Acordos de Basileia II e III. Além dos complexos produtos e instrumentos financeiros, Basileia II incentivou a criação de modelos de avaliação e de gestão de riscos que permitissem aos bancos gerir de forma pró-ativa o risco de crédito, entre outros. Isto fez com que muitos académicos, reguladores e profissionais na área financeira dedicassem o seu tempo ao desenvolvimento de modelos avançados de avaliação e gestão do risco de crédito.

A forma mais comum de risco de crédito é o risco de *default*, ou seja, a probabilidade do tomador dos fundos tornar-se incapaz de solver as suas obrigações financeiras, ocasionando perdas aos seus credores. Qualquer modelo de avaliação do risco de crédito deve ser capaz de avaliar a relação de causalidade do potencial do *default* e mensurá-lo através de uma escala probabilística. Além desta, os *spreads* são outra das medidas do risco de crédito, que correspondem à compensação pelo risco incorrido, exigida pelas instituições ao realizarem empréstimos. Assim, quanto maior for o risco de incumprimento, traduzido nas probabilidades de *default*, maior será o *spread* exigido pelas instituições financeiras.

Os métodos mais utilizados para administrar o risco de crédito consistem na diversificação da carteira e na securitização dos créditos e seus recebíveis. O primeiro pretende minimizar o risco específico de um ativo, setor da economia ou mesmo um soberano, procurando sobretudo ativos pouco correlacionados, ao passo que o segundo

método corresponde à negociação do risco de crédito por meio da venda direta no mercado secundário, no caso de títulos, ou pela securitização dos recebíveis, no caso dos créditos concedidos.

Contudo, estas duas estratégias apresentam algumas limitações. A diversificação da carteira pode restringir o crédito para instituições ou setores económicos com bom *score* de crédito, somente pelo fato da carteira de crédito do agente financiador estar “saturada” dessa tipologia de ativos. A securitização, por sua vez, pode ficar seriamente afetada pelo nível de liquidez ou mesmo pela existência de um mercado secundário capaz de absorver a negociação de determinados ativos.

Foi com vista a colmatar estas lacunas na gestão do risco de crédito que surgiu uma nova classe de instrumentos financeiros – os derivados de crédito. Estes instrumentos, revolucionaram a gestão das instituições financeiras, por serem eficazes na transferência do risco de crédito para terceiros, não afetando a relação da instituição com o cliente, setor económico ou classe de ativo.

O CDS é um dos mais importantes e talvez o derivado de crédito mais conhecido em todo o mundo. A sua utilização cresceu exponencialmente na primeira década do século e pode ser visto como um contrato bilateral onde o comprador assegura a proteção contra determinados eventos de crédito, garantido a cobertura da sua exposição ao risco de crédito de determinado ativo. É um importante instrumento para os bancos, pois permitem transferir o risco de crédito sem comprometer a qualidade dos seus balanços e sem envolver os clientes. O preço que o comprador tem de suportar junto do vendedor é usualmente mensurado através de pontos base, conhecidos por *CDS spreads*. Um dos aspetos que levou a uma crescente atratividade deste instrumento foi o fato de o comprador da proteção não necessitar de ter uma exposição ao ativo de referência do contrato, alimentando assim as possibilidades de serem usados em transações especulativas.

Muito se falou do processo de securitização, dos derivados de crédito e em particular dos CDS na hora de estudar a ultima crise financeira que assolou o mundo. Um mercado não regulado que permitiu por exemplo à seguradora AIG ter uma exposição demasiado elevada a diferentes riscos de crédito que constavam fora dos balanços das instituições financeiras contrapartes, salva do *default* através do *bailout* levado a cabo pelo governo norte-americano. No fundo, a acentuada expansão dos derivados de crédito ampliou enormemente os riscos agregados presentes nos mercados de balcão. Estes instrumentos permitiram ao mesmo tempo, que os bancos retirassem os riscos dos seus balanços e que as instituições financeiras não-bancárias, aumentassem a exposição a riscos de crédito cada vez maiores e passassem a obter rendimentos do mercado de crédito.

Embora todas as críticas, mais por via da utilização indevida do que propriamente pelas potencialidades que os CDS podem proporcionar, resolvemos abordar o tema neste trabalho para realçar as qualidades que este instrumento pode proporcionar no âmbito da

gestão do risco de crédito. Para que isso seja possível, o restante trabalho é constituído por seis capítulos.

No segundo fazemos uma introdução à gestão dos diversos riscos financeiros. No terceiro aprofundamos esta análise com o enfoque no risco de crédito, onde abordamos uma das muitas subdivisões possíveis deste risco e analisamos as diferentes classes de modelos de avaliação de risco de crédito. No quarto capítulo detalhamos o que são os derivados de crédito, as suas funções e potencialidades, e quais as variantes existentes no mercado. Ainda neste capítulo, entramos dentro dos CDS através da sua definição, modo de funcionamento, os riscos que lhe estão associados, a relação entre o *spread* dos CDS e a *yield* das obrigações, e finalmente os seus determinantes. O quinto capítulo é dedicado por inteiro aos modelos estruturais. Começamos pelo Modelo de Merton (1974) ao descrevermos detalhadamente os seus *inputs* e *outputs*, como se comporta, quais as suas limitações e as extensões que o mesmo sofreu devido à natural evolução, de onde escolhemos o Modelo CreditGrades para avançarmos para outro patamar no nosso trabalho. A escolha deste foi motivada sobretudo pela sua simplicidade de calibração, por se tratar de um modelo *benchmark* na indústria financeira no tratamento de CDS, de acordo com Currie e Morris (2002) e Yu (2006) e pela capacidade de previsão dos *spreads* de mercado que aparenta ter, segundo Bystrom (2006).

No sexto capítulo aplicámos o Modelo CreditGrades a um caso real de mercado, com o intuito de captarmos as probabilidades de *default* e os *spreads* teóricos da empresa escolhida, tentando perceber qual a diferença entre os *spreads* empíricos e teóricos e a semelhança entre as variações diárias de ambos.

No sétimo capítulo discutimos os resultados alcançados e, para testar a capacidade preditiva do modelo, montámos uma estratégia de negociação. Finalmente no oitavo capítulo apresentamos as nossas conclusões e algumas ideias para outros estudos nesta área.

2. A gestão dos riscos financeiros

Uma das principais preocupações dos responsáveis pelas organizações, quer sejam públicas ou privadas, independentemente da sua forma jurídica ou de quaisquer outras especificidades, é a gestão dos riscos económicos e financeiros.

Podemos analisar a evolução dos objetivos e das técnicas de gestão desses risco em quatro fases:

- 1) Diversificação e existência de garantias;
- 2) Limitação e hierarquização de responsabilidades;
- 3) Criação de mercados organizados com liquidez e de instrumentos financeiros negociáveis;
- 4) Criação de instrumentos financeiros derivados e utilização da engenharia financeira para cobertura de posições expostas ao risco, especulação e arbitragem.

Foram diversos os acontecimentos, nomeadamente a partir do início da década de 70, que fizeram com que este processo ganhasse uma importância especial. Entre eles destacamos os seguintes:

- O abandono do sistema de câmbios fixos de *Bretton Woods*, gerando acréscimos substanciais na incerteza das taxas cambiais e nas taxas de juro;
- A globalização redimensionou ao nível global a dimensão do risco, através das relações de contágio e das ligações transnacionais;
- A inovação tecnológica trouxe consigo o acesso imediato à informação a nível mundial e às comunicações em tempo real;
- A moderna teoria financeira conheceu um desenvolvimento impar e apresenta hoje uma base de apoio sólida e alargada;
- A inovação e a engenharia financeira com a utilização dos instrumentos derivados. Estes instrumentos permitem decompor transações financeiras puras nos seus elementos constituintes, para depois os sintetizar em estruturas inovadoras capazes de responder a necessidades específicas.

São várias as classificações dos tipos de riscos e a que a seguir se apresenta coloca em ênfase o conjunto dos riscos das transações, como um dos grupos de riscos económicos e financeiros mais relevantes e está associado com as alterações de preços dos instrumentos subjacentes transacionáveis, como ações, obrigações, divisas, taxas de

juro, futuros e opções e com o cumprimento das obrigações pelos outorgantes dos contratos.

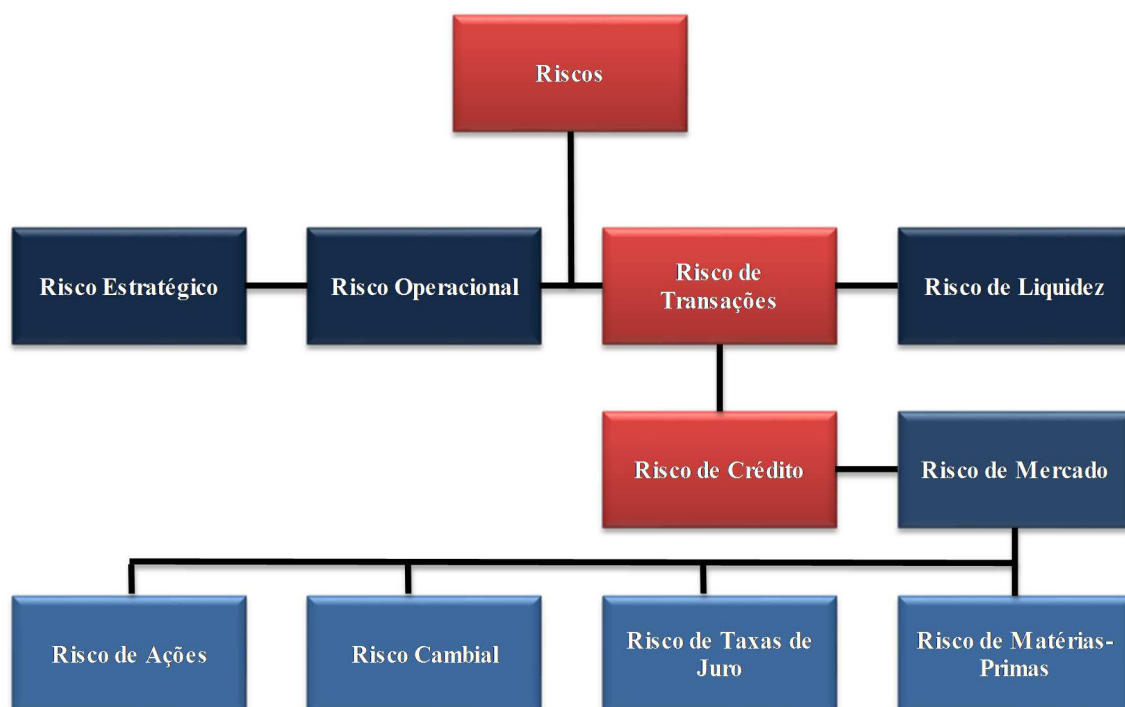


Figura 1: Classificação dos riscos das empresas.

A inovação financeira que abordaremos mais à frente, conduz a que todos os dias novos produtos com maior ou menor complexidade sejam lançados no mercado, alguns deles de difícil entendimento para os investidores e que, por isso, podem desconhecer os riscos que lhes estão associados.

3. O risco de crédito

Com origem no latim (*credere*) a expressão crédito significa confiança ou reputação. É geralmente utilizada para representar a transferência de ativos e outros bens ou a prestação de serviços com pagamento no futuro.

Nas economias desenvolvidas a atividade das empresas, o investimento e o consumo das famílias tendem a ter o crédito como pilar essencial. O crescimento do crédito é uma condição necessária para o crescimento da atividade económica em geral. Acontece por vezes, que a expansão excessiva do crédito pode conduzir a situações de desequilíbrio quer seja ao nível macroeconómico como microeconómico, com consequências mais ou menos severas.

Entre outras, risco de crédito consiste na possibilidade de ocorrerem perdas devidas ao incumprimento de obrigações contratuais, por parte da contraparte num determinado contrato ou transação financeira. Este risco está intimamente relacionado com fatores internos e externos ao devedor que podem prejudicar o pagamento do montante de crédito concedido.

Vejamos um exemplo que ilustra bem as componentes desta definição do risco de crédito:

Suponhamos que a empresa SLB contratou junto do banco FND um empréstimo de 1 milhão de euros com reembolsos mensais de capital e juros e maturidade a 12 meses. A partir do momento do desembolso, o banco fica de imediato exposto ao risco de crédito desta transação.

Se antes da maturidade a empresa enfrentar situações de *stress* financeiro que não permitam cumprir com o acordado inicialmente, entrando numa situação de *default*, pode esta deixar de pagar o empréstimo. Se um evento de crédito acontecer, dá-se início ao processo de insolvência da empresa, que não é mais do que recuperar fundos através dos ativos da empresa de modo a pagar aos credores pelos passivos contraídos. Em muitas ocasiões a recuperação fica muito aquém da totalidade da dívida.

Imaginemos que para a empresa SLB apenas se consegue recuperar 40% do empréstimo contraído. Significa que o banco teve uma perda de 600 mil euros.

Este exemplo demonstra, de uma forma simples, como as instituições de crédito estão sujeitas a perdas inesperadas que são dificilmente determináveis, por serem pouco frequentes, mas quando acontecem são severas. Este tipo de perdas não é, por norma, objeto de registo contabilístico. Contudo, em termos prudenciais as entidades de supervisão bancária consideram que as perdas inesperadas potenciais devem estar cobertas por fundos próprios¹, devendo os mesmos servir de almofada para garantir a

¹ Capital, reservas dos acionistas, resultados e passivo subordinado.

solvabilidade e solidez dos bancos face aos riscos da ocorrência dessas perdas inesperadas.

Os acordos de Basileia II (BIS 2006) e Basileia III (BIS 2010) determinaram que as instituições financeiras devem desenvolver os seus próprios modelos de avaliação de probabilidades de *default* das contrapartes, para o cálculo dos *buffers* de capital destinadas às perdas potenciais derivadas das suas carteiras de crédito. No fundo, é enfatizado o papel e a importância dos sistemas de *rating*, estabelecendo uma relação estreita entre os *ratings* e as probabilidades de incumprimento dos devedores. Este processo de estimação de probabilidades de *default* e de classificação numa escala de *ratings* assume uma importância vital porque um deficiente modelo de risco de crédito pode acarretar uma adequação deficiente de capital.

No contexto do risco de crédito são ainda consideradas as situações de deterioração da capacidade e da qualidade creditícia do devedor que, podendo não conduzir ao incumprimento, aumenta a sua probabilidade e tornam mais difícil o total cumprimento do inicialmente acordado.

A concessão de crédito depende fundamentalmente do grau de confiança entre as partes envolvidas e baseia-se em cinco fatores:

- 1) Integridade e competência do devedor para cumprir com os seus compromissos;
- 2) Possibilidade económica do devedor para solver o objeto do contrato;
- 3) Valor real do património do devedor;
- 4) O colateral apresentado como garantia específica do empréstimo; e
- 5) Eficiência operativa e posição competitiva no mercado onde o devedor atua.

Ao aprofundarmos a análise ao risco de crédito, podemos distinguir vários níveis ou classes de sub-riscos que abordaremos de seguida.

3.1. Risco da contraparte

Está associado ao facto de a outra parte não cumprir. É o mais típico e engloba todas as situações que dizem respeito a uma entidade em relação a um credor.

3.2. Risco emissor

Está associado à qualidade ou ao *rating* incorporado na emissão de títulos emitidos pelas empresas. Transmite-se aos mercados de forma indireta, através das obrigações emitidas e de instrumentos derivados, afetando o preço desses produtos conforme a percepção que os mercados vão tendo acerca das capacidades de solvência das responsabilidades. No caso de deterioração das condições envolventes, o *rating* é atualizado (*downgraded*) para incorporar o aumento do risco e os preços de mercado dos títulos reduzem. São também relevantes a existência de garantias e da prioridade de cobrança (*seniority*). A taxa de recuperação dos créditos é superior nos casos de dívida sénior ou com garantias do que nos casos de dívida subordinada ou júnior subordinada.

3.3. Risco país

Reflete de uma forma global as características económicas e financeiras de um determinado espaço económico e político. Não é um risco causado pela contraparte, mas pelo país ou espaço económico onde a empresa se posiciona.

3.4. Risco liquidação

É um risco de ordem técnica e tem a ver com o processo de regularização das obrigações contratuais, podendo impedir a troca das contrapartidas em simultâneo. Destacam-se por exemplo os casos de diferentes divisas, diferentes fusos horários ou diferentes sistemas de valorização.

3.5. Parâmetros de Risco de Crédito

O Comité de Basileia ao propor métodos baseados na sua grande maioria numa avaliação interna dos ativos e exposições dos bancos, visou assegurar dois objetivos essenciais:

- a. A utilização de modelos de avaliação do risco de crédito mais sensíveis ao risco, que permitam a determinação de requisitos de capital mais alinhados com a perda económica potencial que poderá ocorrer nos ativos do banco; e
- b. O incentivo à utilização de modelos mais avançados, o que motivará os bancos a continuarem a melhorar as suas práticas internas de gestão de risco.

De acordo com BIS (2006) os parâmetros de risco que têm que ser calculados pelas instituições financeiras para a mensuração e a gestão do risco de crédito, são:

- *Exposure to default* (EAD): é a medida que representa o valor total da exposição no momento do *default*;
- *Loss given default* (LGD): é a medida efetiva da perda. É a percentagem da EAD que se perde aquando do *default*. $(1-LGD)$ representa a *recovery rate* do ativo. No nosso exemplo a LDG é de 60% e a *recovery rate* é 40%.
- *Probability of default* (PD): é a probabilidade de incumprimento de uma determinada contraparte num contrato financeiro para um determinado período (geralmente um ano);
- *Effective maturity*: é a medida da maturidade efetiva do financiamento.

3.6. Modelos de Risco de Crédito

São vários os modelos de avaliação de risco de crédito que existem na indústria financeira. A literatura distingue-os entre os que utilizam métodos baseados nas peças contabilísticas das empresas (*accounting data methods*) para preverem o risco de crédito de uma empresa e métodos que utilizam os preços de mercado dos ativos (*market price methods*) com o intuito de modelizar esse risco de crédito. A figura 2 ilustra esta classificação.

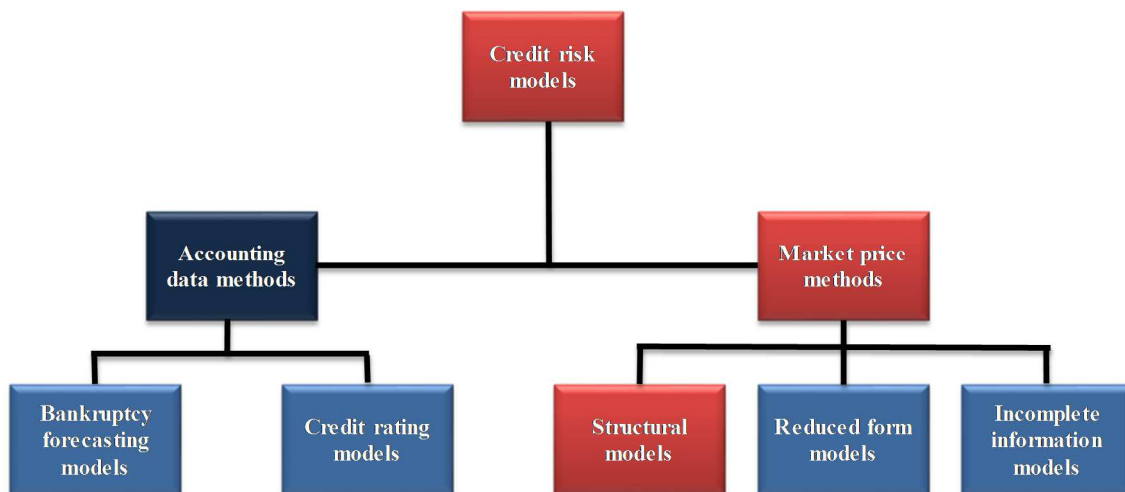


Figura 2: Classificação dos modelos de risco de crédito.

Embora não seja um dos objetivos deste trabalho, vamos introduzir cada um destes modelos. No capítulo 5 aprofundaremos os modelos estruturais (*structural models*), estes sim de relevância para o tema desenvolvido.

3.6.1. *Bankruptcy forecasting models*

A utilização de rácios financeiros, devido à sua simplicidade, é uma das técnicas mais utilizadas nas instituições financeiras para determinar a qualidade da carteira de crédito.

Este tipo de modelos também conhecidos como *credit scoring models*, efetuam previsões sobre o risco insolvência de uma empresa com base nas demonstrações financeiras. Um exemplo famoso deste tipo de modelos é o Altman's Z-score. Altman (1968) analisou as tendências e alterações históricas de um conjunto de rácios financeiros e estimou ponderadores para esses rácios que refletiam o grau de influência que cada um tinha na presença do *default*, desenhando assim o seguinte modelo:

$$Z = 1,2X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + 1,0X_5 \quad (1)$$

em que,

$$X_1 = \frac{\text{Capital próprio}}{\text{Total do ativo}},$$

$$X_2 = \frac{\text{Resultados não distribuídos}}{\text{Total do ativo}},$$

$$X_3 = \frac{\text{EBIT}}{\text{Total do ativo}},$$

$$X_4 = \frac{\text{Capitalização bolsista}}{\text{Valor contabilístico do total da dívida}},$$

e

$$X_5 = \frac{\text{Vendas}}{\text{Total do ativo}}.$$

De acordo com o *credit scoring model* de Altman (1968) uma empresa com *Z score* superior a 2,99 é considerada de boa saúde financeira e por conseguinte de baixo risco de *default*; entre 1,81 e 2,99 é considerada a zona cinzenta pois é incerto o risco de *default*; e inferior a 1,81 de elevado risco de *default*.

Desde 1968 o modelo foi sofrendo evoluções, quer por Altman como por outros autores e agentes de mercado, ajustando-o à evolução das tendências observadas e os rácios analisados.

3.6.2. Credit rating models

Os *credit rating models* resumem o risco de crédito numa nota de *rating*. Esta não é mais que uma opinião sobre o risco de crédito futuro de uma emissão de dívida, empresa, país ou zona económica, emitidas geralmente por agências de *rating* habilitadas para esse efeito utilizando metodologias próprias de avaliação da situação financeira dos emitentes de dívida.

As principais agências de *rating* são a Moody's, Standard & Poor's e a Fitch. A tabela 1 mostra as notas de notações possíveis para obrigações de longo prazo e os seus significados.

	Moody's	Standard & Poor's	Fitch	Significado
Investment Grade	Aaa	AAA	AAA	Capacidade extremamente elevada do devedor para cumprir com as obrigações assumidas (<i>prime</i>).
	Aa1	AA+	AA+	Capacidade elevada do devedor para cumprir com as obrigações assumidas (<i>high grade</i>).
	Aa2	AA	AA	
	Aa3	AA-	AA-	
	A1	A+	A+	Capacidade forte do devedor para cumprir com as obrigações assumidas (<i>upper medium grade</i>).
	A2	A	A	
	A3	A-	A-	
	Baa1	BBB+	BBB+	A capacidade do devedor para cumprir as obrigações assumidas pode ser negativamente por alteração por alteração nas condições económicas e outras que possam ocorrer (<i>lower medium grade</i>).
	Baa2	BBB	BBB	
	Baa3	BBB-	BBB-	
Non-Investment Grade	Ba1	BB+	BB+	Alterações nas condições económicas e financeiras do devedor poderão reduzir a sua capacidade para cumprir com as obrigações assumidas (<i>non-investment grade speculative</i>).
	Ba2	BB	BB	
	Ba3	BB-	BB-	
	B1	B+	B+	A capacidade do devedor para cumprir as obrigações assumidas encontra-se exposta a alterações nas condições económicas e financeiras (<i>highly speculative</i>).
	B2	B	B	
	B3	B-	B-	
	Caa1	CCC+	CCC	A capacidade do devedor para cumprir as obrigações assumidas encontra-se muito exposta a alterações nas condições económicas e financeiras (<i>substantial risks</i>).
	Caa2	CCC		O devedor apresenta alguma incapacidade de cumprir as obrigações assumidas (<i>extremely speculative</i>).
	Caa3	CCC-		O devedor apresenta incapacidade de cumprir as obrigações assumidas (<i>in default with little prospect for recovery</i>).
	Ca	CC		
	C	D	DDD	O devedor encontra-se em incumprimento (<i>in default</i>).
	-		DD	
	-		D	

Tabela 1: Notações de *rating* de longo prazo das Agências Moody's, Standard & Poor's e Fitch.

Quando dois ativos diferentes têm o mesmo *rating*, não significa que o seu risco de crédito é o mesmo. Um *rating* de crédito traduz uma indicação acerca do risco de crédito de um ativo relativamente ao risco de crédito de outros ativos da mesma classe.

Assim, as notas de *rating* podem ser utilizadas para determinar a probabilidade de *default* de uma empresa, nomeadamente a probabilidade de uma empresa com um

determinado *rating* entrar em *default* num dado período de tempo. Se considerarmos a figura 3 que representa as taxas de *default* acumuladas por *rating*, verificamos que quanto mais elevado for a notação de *rating*, menor será a probabilidade de *default*.

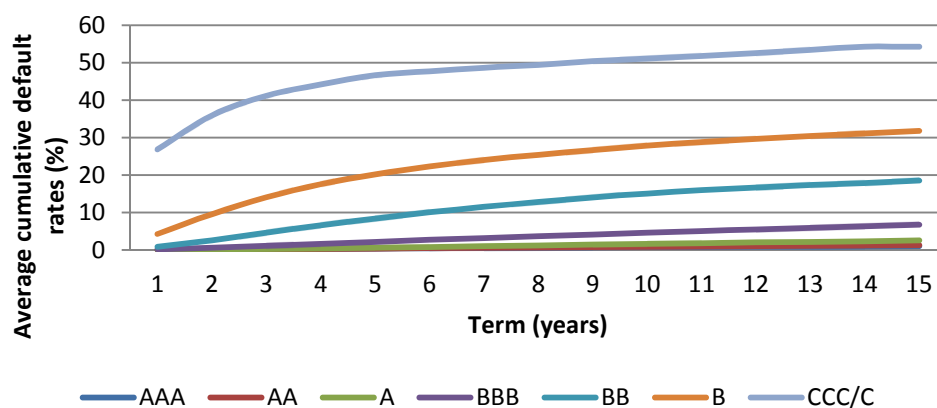


Figura 3: Taxas de *default* acumuladas para vários *ratings* no período 1981-2012 (2013 Investor Fact Book McGraw Hill Financial).

Para a dívida com notações de *investment-grade* a probabilidade de *default* aumenta com o decorrer do tempo, pois as empresas com *ratings* elevados são “saúdáveis” nos primeiros anos, mas a probabilidade de ocorrerem alterações na situação financeira aumenta com o tempo. Ao contrário destas, as empresas de *ratings inferiores* (*non-investment grade*) têm um aumento acentuado da probabilidade de *default* nos primeiros anos mas com o decorrer do tempo esta diminui. Para Hull (2006) as empresas com *ratings* considerados especulativos tendem a sobreviver nos primeiros anos de vida, improvisando a sua situação financeira até que a probabilidade de *default* marginal começa a diminuir.

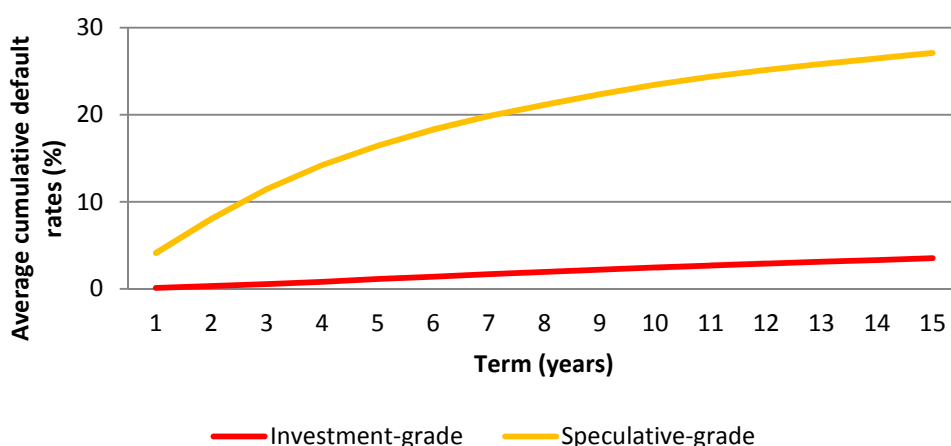


Figura 4: Taxas de *default* acumuladas por tipo de investimento no período 1981-2012 (2013 Investor Fact Book McGraw Hill Financial).

É certo que os *ratings* de crédito são uma fonte de informação acerca do risco de crédito de fácil acesso. Contudo a atualização da informação relevante acerca das condições financeiras das empresas, não têm impacto imediato das suas notações pois não são atualizados com frequência. Na recente crise financeira pudemos constatar isso mesmo: alterações drásticas nas condições financeiras das empresas sem reflexo nos seus *ratings*.

3.6.3. *Reduced form models*

Os *reduced form models* também conhecidos por *intensity models* foram desenvolvidos para estimar a natureza súbita dos eventos de *default*. Central neste tipo de modelos é a intensidade do *default* obtido através dos preços de mercado dos instrumentos com risco de incumprimento nomeadamente as obrigações e os CDS. Esta intensidade é utilizada através de um processo exógeno ou *jump* de modo a conseguir modelar os eventos de *default*.

Por não ter em consideração qualquer informação financeira da empresa, a interpretação económica que se retira de um evento de *default* é muito pequena. Esta é talvez a maior limitação deste modelo.

3.6.4. *Incomplete information models*

Este tipo de modelo tenta combinar os *structural* e os *reduced form models*. Os *structural models* (modelos estruturais) que veremos mais ao pormenor no capítulo 5, são utilizados para que possamos interpretar a razão económica dos eventos de *default* ao passo que os *reduced form models* estudam a natureza imprevista desses eventos. Nos *incomplete information models* o *default* ocorre quando o valor dos ativos é tão reduzido que não serve para solver as obrigações contraídas. Contudo, assumindo que os investidores não têm a informação completa do valor dos ativos e da barreira de *default*, o evento ocorre inesperadamente.

4. Os derivados de crédito

Tem-se assistido nos últimos anos ao desenvolvimento de novos títulos ou valores mobiliários que proporcionam aos gestores gerir o risco de crédito de forma proactiva. Designados de derivados de crédito, estes instrumentos são contratos financeiros que possibilitam a gestão das exposições ao risco de crédito, nomeadamente a proteção contra reduções na qualidade de crédito dos devedores, ou mesmo contra o incumprimento, e permitem que a parte do risco de crédito associado aos investimentos, possa ser separada, valorizada e transacionada.

Ao permitir isolar o risco de crédito de outros riscos possibilitando e facilitando a sua negociação, constituem um dos instrumentos de gestão do risco de crédito com crescimento mais rápido e começaram a ser utilizados com maior frequência pela indústria financeira.

Os derivados de crédito são em primeiro lugar, com especificidades próprias da sua classe, derivados na medida em que são construídos por referência a determinado ativo subjacente, fundamentalmente títulos de dívida soberana ou de empresas, empréstimos, obrigações, títulos representativos de dívida, *leasings* financeiros, ou mesmo outros derivados de crédito, e o seu valor depende da capacidade creditícia de uma entidade, cujas obrigações são isoladas e transacionadas. Este ativo subjacente existe previamente ao derivado de crédito e, normalmente, subsiste para além deste.

Apresentam grande flexibilidade e permitem ir ao encontro das necessidades mais específicas de cada investidor. Na sua essência estão neles incorporados os ativos e os seus rendimentos sem que haja, porém, a sua transferência. Assim, os bancos e as instituições financeiras podem cobrir o risco de crédito implícito em empréstimos que concederam sem terem de ceder as suas posições creditícias. Permite também a estas entidades enquanto grandes utilizadores dos derivados de crédito, estabelecerem-se como novos intermediários no mercado de crédito, podendo criar ou eliminar exposições de crédito de forma sintética.

Diferem das tradicionais garantias hipotecárias de crédito por serem transacionáveis e o devedor do empréstimo não tem que saber que a sua dívida está a ser objeto de uma transação deste género. No fundo, funcionam como os contratos de seguros, com pagamentos de prémios regulares por parte do comprador da proteção ao vendedor dessa mesma proteção, sendo definido o montante a pagar no caso de se verificar um evento de crédito.

A inovação e engenharia financeira dos últimos anos permitiu aos derivados de crédito isolar o crédito como uma cláusula distintiva de ativos. Foi possível melhorar a eficiência e a eficácia nos mercados de capitais através da separação das funções de criação de crédito e de exposição ao risco de crédito.

Um dos grandes objetivos para a transferência do risco de crédito pelos bancos e instituições financeiras prende-se com razões de natureza prudencial, nomeadamente a diminuição do montante de provisões necessário para a sua cobertura. Para além deste, outros objetivos existem como o investimento com elevado risco ou especulativo e a engenharia financeira com a criação de novos produtos.

Vejamos mais ao pormenor, a título de exemplo, como podem os derivados de crédito permitir a determinada instituição de crédito ultrapassar um problema de concentração de riscos que acarreta uma série de consequências a nível prudencial.

Muitas vezes uma relação privilegiada com determinado cliente faz com que esse cliente recorra sempre à mesma instituição para obtenção de crédito. Da mesma forma, se se trata de um bom cliente a instituição financeira tem todo o interesse em satisfazer as suas necessidades. No entanto, a diversificação da carteira de crédito de uma instituição financeira é um dos princípios básicos de uma gestão sã e prudente e de uma otimização do rácio rendimento/risco, opondo-se a uma forte concentração de riscos de um só devedor ou de devedores entre os quais exista uma grande correlação.

A utilização dos derivados de crédito permitem à instituição que dispõe de uma relação privilegiada com um determinado cliente, continuar a trabalhar com esse cliente, transferindo o risco que daí resulta para outra entidade, sem ter que transferir os créditos daquele cliente da sua carteira. Ajudam os bancos a diversificarem as suas carteiras de crédito com custos mais eficientes sem prejudicar a relação com os seus clientes.

No fundo, os derivados de crédito podem ser utilizados para aquilo que Kiff e Morrow (2000) apelidaram de *regulatory arbitrage*. Através de medidas impostas pelos reguladores do setor financeiro, nomeadamente o novo acordo de capital BIS (2006), muitos dos empréstimos concedidos pelos bancos devem estar cobertos por 8% de fundos próprios da instituição para cobertura do risco de crédito sobre esses mesmos empréstimos. Os grandes bancos estão hoje preparados para calcular os fundos próprios adequados para a cobertura do risco de crédito mediante a utilização dos seus próprios modelos de avaliação. Ao serem capazes de antecipar alterações de capital necessárias, podem recorrer aos derivados de crédito de modo a libertarem esses fundos próprios para outras necessidades.

4.1. Variantes dos derivados de crédito

São várias as formas e variantes dos derivados de crédito, mas as mais relevantes são os *credit default swaps*, os *total return swaps*, as operações com *credit spreads*, os *credit linked notes* e os *collateralized debt obligations*.

As três primeiras formas enquadram-se nas variantes *unfunded*² e observadas como *off-balance-sheet*, enquanto as restantes, *funded*, incorporam as variantes que apresentam ativos de suporte e são tratados como *on-balance-sheet*.

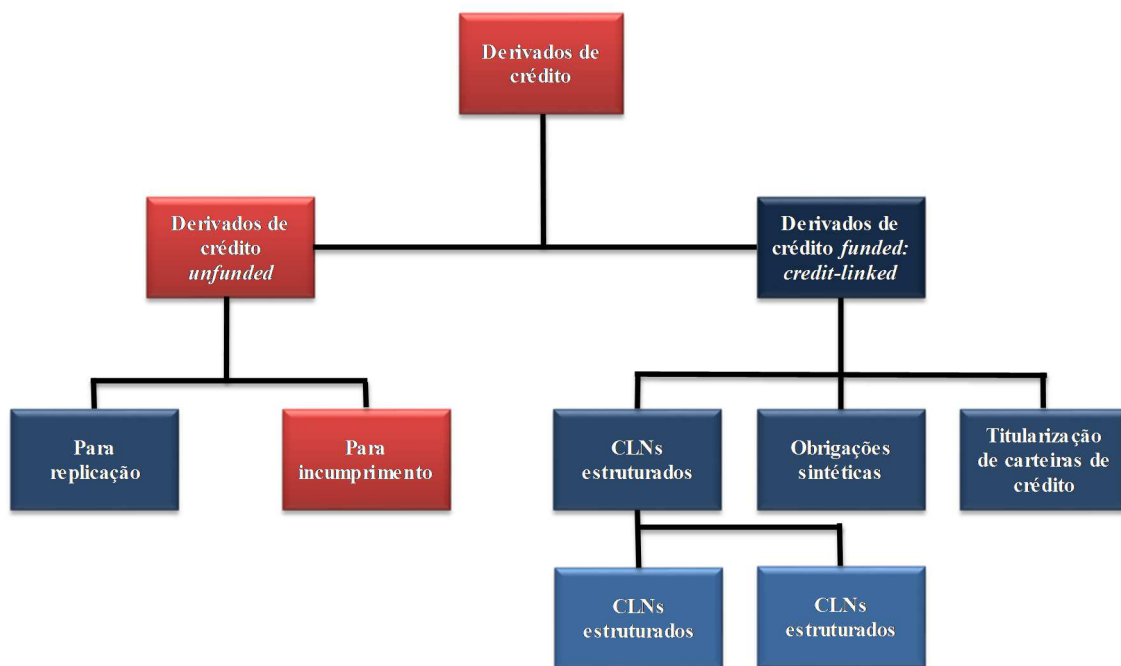


Figura 5: Variantes e formas dos derivados de crédito.

Na secção seguinte iremos particularizar a nossa análise aos CDS, ponto central do nosso trabalho.

4.2. *Credit default swap*

Os CDS foram o primeiro tipo de derivados de crédito a surgir e são, seguramente, os mais utilizados na gestão do risco de crédito. Visam essencialmente prevenir o risco do devedor não cumprir com determinadas obrigações. O seu forte crescimento nos anos que antecederam a crise financeira de 2008, tal como é demonstrado na figura 6, foi a consequência do desejo das instituições financeiras em gerirem melhor o risco de crédito das suas carteiras e dos investidores em obterem exposições ao mercado de crédito.

² Sem ativos de suporte

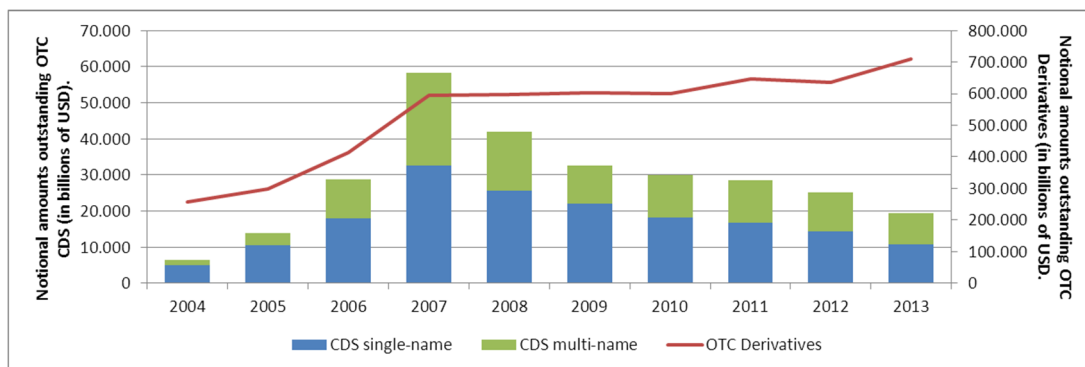


Figura 6: Evolução do mercado de CDS.

São considerados derivados de crédito porque, por um lado têm por finalidade acontecimentos que podem verificar-se no futuro e são criados para permitirem a transferência ou a replicação do risco de crédito, ou seja, são considerados contratos a prazo.

Por outro lado, o conceito de *swap*³ está presente num CDS, uma vez que é possível a troca de *cash flows* associados com os pagamentos de dívida, no caso de ocorrer um evento de crédito. Trata-se de contratos de natureza contingente uma vez que só serão exercidos se um ou mais eventos de crédito tiverem lugar.

Para Dias (2014) os CDS são similares às *out-of-the-money put options* pois ambos os contratos oferecem proteção contra riscos de descida do valor do ativo subjacente, a um custo relativamente baixo.

Nos termos atuais, foram desenvolvidos pelo JP Morgan em 1994, são instrumentos OTC⁴, ou seja, negociados nos mercados particulares ou fora de bolsa, e a maior parte dos contratos financeiros que os envolvem têm por base documentação padronizada elaborada e publicada pela ISDA⁵ embora alguns possam incorporar necessidades específicas das partes outorgantes.

Os CDS são contratos bilaterais utilizados para transferir risco de crédito de uma entidade de referência (soberana ou empresa) entre as duas partes.

³ Troca ou permuta.

⁴ *Over-the-counter*.

⁵ *Internacional Swaps and Derivatives Association*.

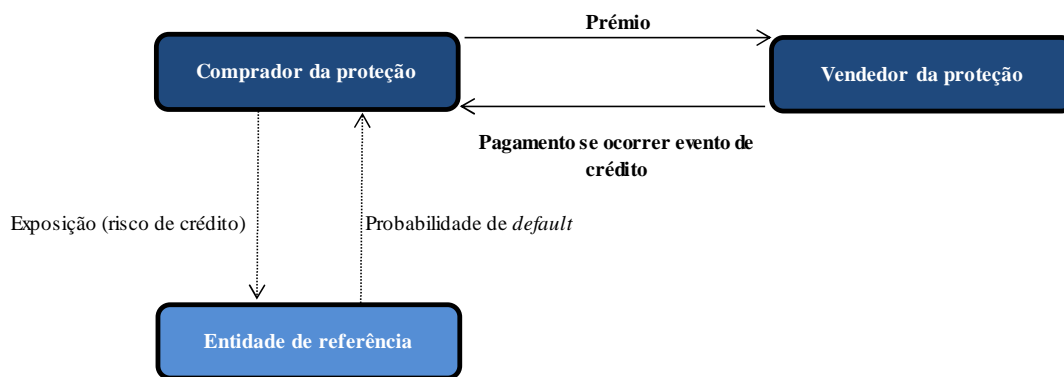


Figura 7: Representação de um contrato de CDS.

Num contrato de CDS *standard* uma das partes envolvidas (comprador) adquire proteção junto da parte vendedora de modo a cobrir as potenciais perdas sobre o valor facial de determinado ativo que tem junto da entidade de referência provocadas pela ocorrência de um evento de crédito. Para esta proteção o comprador efetua pagamentos regulares de um prémio de *default swap* ao vendedor da proteção - conhecido como *premium leg* ou *fixed leg* -, até que ocorra um evento de crédito ou o contrato atinja a sua maturidade (o que ocorra primeiro). O montante do prémio a pagar é calculado com base numa percentagem sobre o valor de referência em que assenta o direito de crédito. O contrato especifica os períodos entre os diferentes pagamentos do prémio que tipicamente ocorrem trimestralmente (a mais comum), semestralmente ou anualmente. O montante total pago anualmente em termos relativos face ao valor de referência do contrato é designado por *CDS spread*.

Se um evento de crédito ocorrer antes da maturidade do contrato, há lugar ao pagamento pelo vendedor ao comprador da proteção. Este *cash flow* é designado de *protection leg* ou *default leg* e é igual à diferença entre o valor facial e o valor de recuperação da entidade de referência e tem como finalidade compensar o comprador pelas perdas em que incorreu.

Dependendo do número de entidades de referência em relação às quais se compra proteção, podemos distinguir dois grandes grupos de CDS. Caso seja apenas uma entidade de referência estamos perante um *single-name* CDS. Porém, se o número de entidades for superior a um, está-se na presença de um *multi-name* CDS, onde se destacam os *basket* CDS, *portfolio* CDS, *index* CDS e *tranch index* CDS.

De ora em diante quando nos referirmos a CDS estaremos a focar a nossa atenção nos *single-name* CDS.

4.2.1. Os eventos de crédito

A condição do incumprimento é a mais referenciada em qualquer contrato de CDS. Trata-se da condição essencial do contrato que perante a sua ocorrência origina o *cash-flow* de compensação pelo *default* entre o vendedor e o comprador da proteção.

Além do incumprimento outros eventos de crédito são normalmente incluídos nos contratos de crédito, nomeadamente:

- a) Incumprimento com significado ou relevância das obrigações contratuais;
- b) Alterações na notação de risco de crédito ou financeira da entidade ou do instrumento de referência, que conduzam a uma degradação da mesma em relação à notação contratada e vigente na data do acordo;
- c) Incapacidade de cumprir certas condições pecuniárias;
- d) Reestruturação do passivo da entidade de referência, geralmente com implicações no instrumento subjacente;
- e) Antecipação de pagamentos (cupão e valor facial, entre outros);
- f) Fusão ou qualquer outra decisão de concentração da qual a entidade de referência seja parte;
- g) Falência, insolvência ou liquidação da entidade de referência.

4.2.2. Formas de liquidação dos CDS

O método de liquidação dos derivados de crédito é um aspeto relevante nos contratos CDS, uma vez que indica a forma como o vendedor do contrato compensará o comprador da proteção, caso ocorra um evento de crédito elegível.

Para os ilustrar suponha que as entidades SLB (comprador da proteção) e FND (vendedor da proteção) entraram num contrato CDS sobre a entidade PRT, com maturidade a 5 anos e 10 milhões de euros de valor facial da proteção. O prémio acordado tem por base o *default swap spread* de 300 pontos base por ano que deverão ser pagos semestralmente.

$$CDS\ spread = s(0,5) = 300bp$$

Deste modo, a entidade SLB tem que pagar à entidade FND a título de prémio do CDS:

$$300bp \times \frac{10M\text{€}^6}{2} = 150m\text{€}^7 \text{ em todos os momentos } t_i$$

em que $i \in \{0.5, 1, \dots, 10\}$

Assuma que num determinado momento $t = \tau$ a entidade de referência não pagou um determinado cupão que era devido nessa data de uma obrigação que consta no contrato CDS. Se o *default* ocorrer dois meses após um pagamento do prémio, o comprador da proteção terá que pagar ao vendedor:

$$150m\text{€} \times \frac{2}{6} = 50m\text{€}$$

Os dois tipos de liquidação previstos num contrato CDS, são a liquidação física e a liquidação financeira.

Se a acordada for a liquidação física o comprador da proteção (SLB) entrega o instrumento de dívida da entidade de referência (PRT) ao vendedor (FND), recebendo deste o valor facial ou nominal daquele instrumento, ou seja, 10 milhões de euros. Porém, se não possuir o ativo de referência, caso em que contratou o CDS para outros fins que não a cobertura de risco, terá de o comprar no mercado, por um preço equivalente ao valor de recuperação, para o entregar ao vendedor e receber o valor nominal.

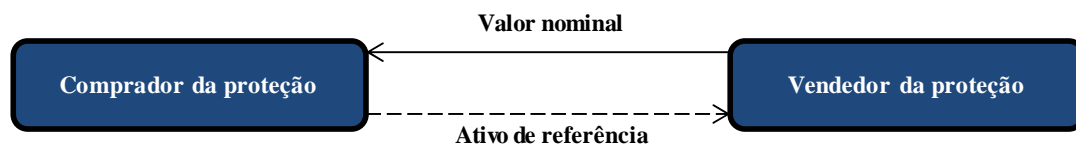


Figura 8: Mecânica da *protection leg* no caso da liquidação física.

O contrato CDS pode prever e especificar um número de instrumentos alternativos que o comprador tem a opção de entregar, que se designam por obrigações entregáveis⁸.

Quando for entregue uma lista de obrigações entregáveis, o comprador da proteção tem a opção de escolher a “mais barata para entregar” (*cheapest-to-deliver*).

Ao invés, se o método de liquidação acordado for a liquidação financeira, o valor da compensação está geralmente relacionado com o valor de recuperação do ativo de referência. O vendedor da proteção paga ao comprador uma compensação igual à diferença entre o valor nominal do instrumento da entidade de referência e o seu valor

⁶ M€=milhões de euros.

⁷ m€=milhares de euros.

⁸ Nas condições contratuais pode ser indicado um nome da entidade de referência e não um instrumento específico ou uma obrigação em concreto emitida por essa entidade de referência.

de mercado. Fica assim o comprador com uma obrigação que vale apenas o seu valor de recuperação.

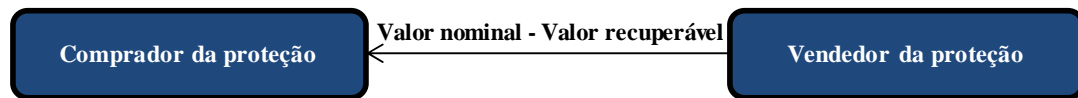


Figura 9: Mecânica da *protection leg* no caso da liquidação financeira.

Voltando ao nosso exemplo, se o preço de recuperação da obrigação da entidade de referência PRT for de 0,45€ por cada 1€, o vendedor da proteção (FND) tem que pagar ao comprador SLB a diferença entre o valor nominal e o valor de recuperação, ou seja:

$$\frac{1 - 0,45}{1} \times 10M€ = 5,5M€$$

4.2.3. Contrato de CDS versus contrato de seguro

Embora os contratos de CDS sejam muitas vezes associados a contratos de seguros existem diferenças importantes que convém destacar:

- 1) O comprador do CDS não tem que possuir o instrumento subjacente ou de apresentar uma qualquer forma de exposição creditícia, enquanto num contrato de seguro existe um desejo do segurado em proteger um ativo no qual tem um interesse objetivo;
- 2) O vendedor da proteção não precisa ser uma entidade sujeita a regulação específica, o que não acontece com as seguradoras;
- 3) O vendedor da proteção não precisa de possuir reservas específicas para potenciais pagamentos aos compradores, embora os intermediários que transacionam CDS tenham de obedecer a normas e requisitos de capital;
- 4) As seguradoras gerem os seus riscos fundamentalmente através de reservas para perdas tendo por suporte a lei estatística dos grandes números; os intermediários que transacionam CDS gerem os seus riscos através de estratégias de cobertura de riscos (*hedging*) com outros intermediários financeiros ou utilizando os mercados obrigacionistas;
- 5) Aos contratos de CDS são aplicáveis as regras de utilização do justo valor, através dos preços ou das cotações sempre flutuantes no mercado (*marked-to-market*).

4.2.4. Especulação com CDS

Para além da cobertura de risco de crédito (*hedging*), a especulação (*trading*) é outro dos objetivos dos CDS.

O comprador de um CDS não tem necessariamente que ter exposição à entidade de referência. Os investidores podem especular na variação dos preços dos CDS, comprando ou vendendo de acordo com as expectativas, sem ser necessário possuírem o instrumento de referência (*basis trade*).

Pode muito bem entrar num contrato de CDS de modo a explorar potenciais *mispricings* entre as diferentes classes de ativos ou deter posições abertas se acreditar que o mercado se direcionará para um determinado sentido.

Quando um especulador compra proteção através de um CDS está a especular que o preço da entidade/instrumento de referência vai descer e que pode mesmo chegar ao incumprimento. O seu ganho será tanto maior, quando pior for a situação da entidade/título de referência no futuro.

Do outro lado do contrato, a parte vendedor poderá ter interesse em aumentar a sua exposição ao mercado do crédito ao acreditar que este se comportará favoravelmente às suas intenções. O seu ganho será tanto maior quanto melhor for a situação da entidade de referência.

Através do *trading* de contratos CDS, o mercado ganha liquidez aumentado não só as possibilidades de os compradores e vendedores de proteção encontrarem uma contraparte, mas também aumenta a eficiência no preço das operações.

4.2.5. Os riscos associados aos CDS

O risco de crédito não é o único fator de risco associado aos CDS. O facto de no mínimo haver duas partes envolvidas no contrato introduz outra dimensão ao risco, i.e. a possibilidade de a contraparte falhar com as suas obrigações contratuais.

Ao outorgarem um contrato CDS, ambas as partes (comprador e vendedor) ficam expostos ao risco da contraparte.

O comprador da proteção assume o risco de o vendedor não pagar a compensação (total ou parcial) caso ocorra um evento de crédito e o vendedor pode ver o comprador entrar em situação de insolvência, não pagando os prémios contratados.

Colocamos de parte a ideia de que, se uma das partes falhar a outra terá grandes prejuízos. Não é a generalidade dos casos pois a parte “sobrevivente” tem a possibilidade de comprar ou vender proteção através de uma contraparte alternativa em condições semelhantes. Apenas nos casos em que haja um *joint default* da entidade de

referência e do vendedor da proteção, o comprador da proteção pode acarretar com grandes perdas se tiver exposição à entidade de referência.

Entidade de referência	Comprador da proteção	Vendedor da proteção	Consequências
X			Liquidação ordenada: o vendedor liquida a posição junto do comprador.
	X		Substituição: o vendedor perde os prémios futuros e o comprador a cobertura.
		X	O comprador terá que encontrar no mercado uma contraparte alternativa para a cobertura desejada.
X		X	Perdas não cobertas: o comprador perde a proteção e sofre o prejuízo do <i>default</i> caso tenha exposição à entidade de referência.

X = *default*

Tabela 2: Risco de crédito e risco de contraparte.

O mercado dos CDS foi fortemente afetado pela crise *subprime* (2007) e pela crise financeira (2008). Porém, os CDS acabaram por ampliar a crise de 2008, uma vez que, em Setembro de 2008, o grupo segurador AIG era contraparte vendedora em mais de 50% dos CDS e o banco de investimento Lehman Brothers possuía também uma quota-parte relevante. O mais grave deste período conturbado foi o facto de os CDS vendidos serem três vezes superiores aos instrumentos subjacentes sobre os quais incidiam os CDS. É legítimo concluir que dois terços dos CDS tinham objetivos especulativos.

No período que antecedeu a crise de 2008, a concentração do mercado entre dealers era bastante elevada, com destaque para a AIG, Lehman Brothers, Merrill Lynch e Bear Sterns.

O risco da contraparte em primeira instância e o risco de liquidez em segunda, traduziu-se num forte risco sistémico neste período detonando o rastilho do *default* para muitas instituições financeiras.

A título de exemplo, em Setembro de 2008 deu-se o colapso do gigante norte-americano Lehman Brothers. O valor da proteção vendida era 2,6 vezes superior ao valor do subjacente a proteger.

4.2.6. A relação entre CDS *spreads* e a *yield* das obrigações

O CDS *spread* que temos vindo a descrever é um exemplo de *credit spread*. Genericamente o *credit spread* é o prémio que um investidor exige como compensação pelo risco de crédito de um instrumento financeiro. Quanto maior for o risco de crédito de um investimento, maior será o *credit spread* exigido pelo investidor.

O *credit spread* pode ser medido pela diferença entre os retornos de um investimento com risco e o equivalente investimento isento de risco. Por exemplo, o *credit spread* é a diferença entre o retorno de uma obrigação de uma empresa e o retorno da similar obrigação sem risco. Da mesma forma, o *credit spread* é igual ao CDS *spread*, uma vez que este é no fundo a compensação de transformar um investimento com risco num investimento sem risco.

Podemos estabelecer a seguinte relação entre os CDS *spreads* s , as *yields* das obrigações y , e a taxa de juro isenta de risco r , relativamente a investimentos com a mesma maturidade e montante do ativo subjacente de referência: $s = y - r$ ⁹. Significa que, em termos teóricos, os CDS *spreads* e os *spreads* das obrigações são iguais. Contudo, na prática esta relação pode não ser perfeita embora ambos os *spreads* sejam altamente correlacionados. Hull, Nelken e White (2005) impuseram-lhe várias restrições, nomeadamente a escolha da taxa de juro sem risco considerada como ponto fulcral e a liquidez existente no mercado.

Deste modo, a relação anterior pode permitir que um investidor adote decisões de arbitragem para obter lucros imediatos aproveitando os *mispricings* que se possam formar quando $s \neq y - r$. Por exemplo, se o CDS *spread* for superior ao *spread* da obrigação, obtém-se lucro imediato se simultaneamente vender o CDS, tomar uma posição curta na obrigação e comprar a obrigação isenta de risco. Se o CDS *spread* for inferior ao *spread* da obrigação, obtém-se um ganho imediato se comprar um CDS e a obrigação e vender a obrigação isenta de risco.

Comparando o CDS *spread* e o *spread* da obrigação o investidor consegue avaliar como é que o mercado de CDS considera o risco do emitente. Se o prémio da obrigação for maior que o CDS *spread*, é conveniente investir na obrigação e vice-versa. No fundo, quanto maior for a diferença, maior será a atratividade da obrigação.

De acordo com Zhu (2006), a liquidez nos mercados de CDS e de obrigações explica em larga medida a existência de diferenças entre os preços cotados em ambos os mercados. No mercado de obrigações, muitos dos participantes mantêm os seus investimentos até à maturidade e no mercado secundário a liquidez é muito reduzida para permitir uma negociação de risco de crédito a preços relativamente baixos.

⁹ $y - r$ designa-se por *spread* da obrigação.

Longstaff, Mithal e Neis (2005) concluíram que os CDS spreads incorporam um prémio de liquidez menor que as obrigações nas maturidades mais transacionadas que tem como resultado um *spread* ligeiramente menor relativamente às obrigações.

Alguns dos estudos demonstram que os CDS *spreads* refletem as características de indicador de *stress* financeiro das entidades emitentes. Blanco, Brennan e Marsh (2005) demonstraram que os CDS *spreads* tendem a antecipar os sinais que se verificam no mercado de obrigações. Hull et al. (2004) descobriram que o mercado de derivados tem tendência para antecipar os eventos de *ratings* futuros com as alterações aos *credit spreads* ou os seus níveis a produzirem informações úteis para o cálculo das probabilidades de alterações em baixa nos *ratings* das entidades de referência.

Para Zhu (2006) e Alexopoulou, Andersson e Georgescu (2009) no longo prazo o risco de crédito é estimado na mesma medida em ambos os mercados. Contudo, no curto prazo o mercado de derivados tende a ser mais preciso.

Na prática, o mercado de CDS é uma importante fonte de informação para os bancos, entidades supervisoras e organizações internacionais, para a avaliação do risco de crédito das entidades avaliadas. As agências de rating recorrem aos CDS *spreads* para calcularem os denominados *ratings* implícitos. Pese embora ambos os *spreads* dependam da probabilidade de *default* do devedor e da taxa de recuperação, o CDS *spread* tende a liderar na previsão dos indicadores de risco de crédito comparativamente ao mercado de obrigações, ou seja, as alterações na qualidade de crédito são observadas primeiro nos CDS e só mais tarde nos *spreads* das obrigações.

4.2.7. O puzzle dos *credit spreads*

Como veremos mais à frente, os CDS *spreads* dependem da probabilidade de sobrevivência, ou seja, do risco de crédito da entidade de referência. Geralmente os CDS *spreads* observados no mercado são superiores aos *spreads* obtidos pelos modelos de risco de crédito, o que significa que este não é o único fator determinante dos *spreads* de mercado.

Esta secção dá-nos uma visão empírica sobre os estudos realizados sobre o *puzzle* dos *credit spreads* na medida em que estes não são apenas explicados pelo risco de crédito. Primeiro apresentamos os estudos que analisaram os *spreads* das obrigações e depois as descobertas relativamente aos CDS *spreads*.

4.2.7.1. *Spreads* das obrigações

Collin-Dufresne, Goldstein e Martin (2001) analisaram os *spreads* de mercado de obrigações *corporate* e testaram como é que as alterações da taxa de juro sem risco, do

declive da curva *yield*, do *leverage*, da volatilidade, da probabilidade ou magnitude de uma queda abrupta do valor dos ativos e do ciclo económico, afetavam as alterações dos *spreads*. Concluíram que quando o ciclo económico melhora, os *spreads* de crédito diminuem. O mesmo acontece quando do aumento da taxa de juro sem risco e do declive da curva *yield*. Ao contrário, um aumento do *leverage*, da volatilidade e da probabilidade de uma queda abrupta do valor dos ativos, conduzem a um aumento dos *spreads* de crédito.

Concluíram também que estes fatores explicam aproximadamente 25% das alterações dos *spreads* no mercado. A restante variação é explicada por um único fator não identificado a que os autores descreveram como resultado da oferta e da procura.

Campbell e Taksler (2003) conduziram um trabalho semelhante e concluíram que a volatilidade do capital próprio é um importante determinante dos *spreads* das obrigações.

Cremers, Driessen, Maenhout e Weinbaum (2006) descobriram que a volatilidade implícita no mercado de opções pode explicar um terço da variação dos *spreads* de crédito. Para além disso, demonstraram que os modelos estruturais são capazes de explicar as variações nos *spreads* de crédito e que não existem evidências de um grande fator único não identificado que os afete, tal como referido por Collin-Dufresne, Goldstein e Martin (2001).

Huang e Huang (2003) conduziram uma análise empírica com diferentes modelos estruturais e concluíram que o risco de crédito explica apenas 20% a 30% dos *spreads* observados para obrigações notadas em *investment grade*. Para *ratings non investment grade*, os *spreads* são largamente explicados pelo risco de crédito.

4.2.7.2. CDS *spreads*

Skinner e Townend (2002) foram os primeiros a analisar a diferença entre os CDS *spreads* dos modelos e de mercado. Afirmam que os CDS podem ser vistos como *put options*. Adicionalmente, analisaram quais as variáveis que afetavam em simultâneo a estimação do preço das opções e dos CDS *spreads*. Demonstraram que a taxa de juro sem risco, a *yield* do ativo de referência, a maturidade e a volatilidade são importantes no cálculo dos CDS.

Ericsson, Jacobs e Oviedo (2009) conduziram um estudo semelhante ao elaborado por Collin-Dufresne, Goldstein e Martin (2001), mas para os CDS *spreads*. Demonstraram que o *leverage* das empresas, a volatilidade dos ativos e a taxa de juro sem risco explicam cerca de 60% dos *spreads* de mercado. Testaram também qual o impacto que as alterações nestas variáveis provocam nas alterações dos CDS *spreads*. Descobriram que 1% de aumento na volatilidade anual do capital próprio aumenta os CDS *spreads* entre 1 a 2 pontos base e que 1% de aumento do *leverage* produz uma redução de 5 a 10

pontos base nos CDS *spreads*. Tal como Campbell e Taksler (2003) concluíram que existe uma forte relação entre os *credit spreads* e a volatilidade histórica dos capitais próprios.

Zhang, Zhou e Zhu (2009) testaram através de um modelo estrutural o impacto da volatilidade dos capitais próprios e do seu risco súbito¹⁰ de desvalorização nos *spreads* de crédito. Concluíram que estas variáveis conseguem explicar 73% da variação dos CDS *spreads*.

Alexander e Kaeck (2008) descobriram que as taxas de juro, o retorno dos ativos e a volatilidade implícita têm impacto significativo nos CDS *spreads*. Contudo, este impacto difere ao introduzirem os ciclos económicos. Por exemplo, os *spreads* são sensíveis às alterações da volatilidade implícita em tempos turbulentos e mais sensíveis aos retornos dos ativos quando as condições de mercado se encontram mais estabilizadas.

Bongaerts, de Jong e Driessen (2008) estudaram os efeitos do risco de liquidez e da liquidez esperada nos CDS *spreads* e descobriram a evidência nos mercados de um fator sistemático relacionado com a liquidez e concluíram que este deverá ser tido em conta na hora de prever os *spreads*.

Das e Hanouna (2008) observaram que os CDS *spreads* são menos afetados pela liquidez e outros fatores não relacionados com o risco de crédito do que os *spreads* das obrigações. Através de relações de cobertura de risco entre o mercado do crédito e o mercado de ações, verificaram que os CDS *spreads* são relacionados negativamente com a liquidez das ações da entidade de referência.

Pese embora a revisão de literatura não seja exaustiva, podemos observar que os *spreads* de crédito estimados através dos modelos estruturais apresentam grande correlação com os *spreads* de mercado. Contudo, os *spreads* estimados são menores que os *spreads* observados devido essencialmente a fatores não relacionados com o risco de crédito. Esta relação é mais acentuada nos *spreads* das obrigações do que nos CDS o que sugere que os modelos estruturais são melhores a estimar *spreads* dos CDS do que das obrigações.

A literatura identifica vários fatores não identificados que explicam parte dos *spreads* de crédito para além do risco de crédito, contudo, o seu impacto varia de estudo para estudo, nomeadamente devido aos diferentes períodos temporais e metodologia utilizada.

¹⁰ *Jump risk*.

5. Modelos estruturais

Os modelos estruturais de avaliação do risco de crédito foram desenvolvidos não só para a estimação de probabilidades de *default*, mas também para estabelecerem uma relação entre os *fair values* de várias classes de ativos, sejam eles ações, obrigações ou derivados de crédito, de uma determinada entidade.

De seguida vamos aprofundar o estudo dos modelos estruturais, nomeadamente através do seu fundador, o modelo de Merton (1974), e na secção 5.2 abordaremos o modelo CreditGrades, no fundo a génese do presente trabalho.

5.1. O modelo de Merton

A génese dos modelos estruturais de avaliação do risco de crédito é a análise de *contingent claims* proposta e desenvolvida por Black e Scholes (1973), Merton (1973) e Merton (1974), através da aplicação da *option pricing theory*, nomeadamente na avaliação de opções europeias na estrutura de capital de uma empresa.

Em 1973, Black e Scholes derivam uma fórmula para avaliar opções europeias sobre ações que não pagam dividendos. Esta foi posteriormente desenvolvida por Merton (1973) para situações em que ocorram distribuição de dividendos e taxas de juro estocásticas.

Em 1974, Merton desenvolveu um modelo que permite estimar o risco de incumprimento de uma empresa, recorrendo à avaliação de opções financeiras, aliando o cálculo destas à determinação do valor das componentes do seu balanço financeiro.

Esta técnica consiste em determinar o preço de um instrumento financeiro cujo *payoff* depende do preço de um ou mais instrumentos financeiros, na medida em que estabelece a ligação entre as opções financeiras e as *corporate liabilities* e ajuda a explicar porque o capital próprio e a dívida dependem do valor da empresa.

O denominado modelo de Merton tem como ponto de partida uma estrutura de capital simplificada, em que o capital próprio no momento t (E_t) é apenas constituído por ações ordinárias que não pagam dividendos e o passivo (D_t) por obrigações de cupão zero de valor nominal (X), a reembolsar integralmente na maturidade (T), ou seja, não há lugar a pagamento de cupões. A Figura 10 demonstra esta estrutura de capital simplificada.

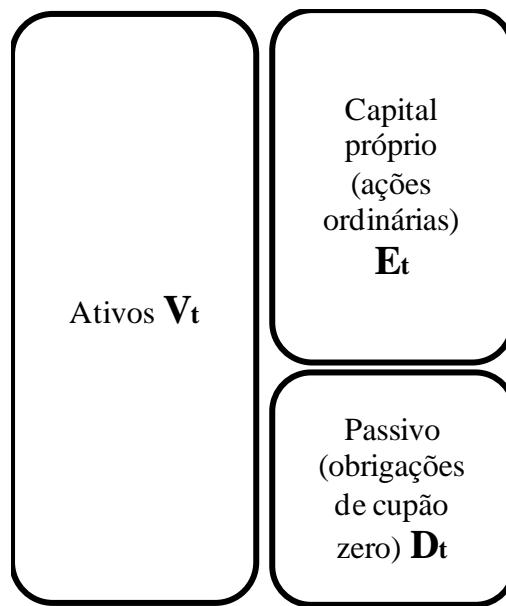


Figura 10: Estrutura de capital simplificada do Modelo de Merton (1974).

A questão que se coloca é se, no momento da maturidade da dívida, a empresa tem ativos suficientes para honrar os seus compromissos. Quando a maturidade da dívida (T) for atingida, três cenários poderão ocorrer:

- Se $V_t > X$, a empresa é solvente, logo os acionistas vão exercer a sua opção pagando a dívida da empresa ficando com o remanescente, não havendo lugar a *default*;
- Se $V_t = X$, o valor dos ativos é suficiente para pagar a dívida. Neste cenário os acionistas não exercerão a sua opção pois o *payoff* líquido que receberão é nulo;
- Se $V_t < X$, a empresa não é solvente e ocorrerá o *default*. Os acionistas não exercem a opção sobre a empresa e os ativos são entregues aos credores.

Sinteticamente, a empresa honrará o compromisso se o valor dos ativos suplantará, na maturidade, o valor da dívida a pagar. Se isso não acontecer, a empresa declarar-se-á insolvente, sendo os ativos liquidados a favor dos credores. A diferença entre a dívida e os ativos será então o montante da perda que os credores terão que suportar.

O processo de decisão de efetuar ou não o reembolso da dívida na maturidade é semelhante ao processo de exercer ou não uma opção de compra sobre um ativo. De acordo com Black e Scholes (1973) o detentor de uma *call option* tem o direito mas não a obrigação de comprar um determinado ativo subjacente (S), a um preço pré-estabelecido (X), na maturidade da opção (T), mediante o pagamento de um prêmio. Na maturidade da opção (T) o seu detentor apenas a exercerá se $S > X$, ou seja, se o preço de mercado desse ativo for superior ao preço previamente acordado, caso contrário a opção de compra não será exercida.

Fazendo a ligação entre as opções financeiras e a análise da *corporate liability*, Black e Scholes (1973) e Merton (1974) concluíram que o capital próprio (E_t) pode ser visto como uma *European call option* sobre o valor dos ativos da empresa (V_t), em que os acionistas têm a opção de adquirir os ativos aos credores, mediante o pagamento do valor nominal da dívida (X) na maturidade (T), ficando com o valor remanescente. Assim o *payoff* dos acionistas é dado por:

$$E_T = \max(V_T - X; 0), \quad (1)$$

isto é, se

$$V_T > X \Rightarrow E_T = V_T - X, \quad (1a.)$$

$$V_T \leq X \Rightarrow E_T = 0. \quad (1b.)$$

Deste modo, os acionistas têm uma responsabilidade limitada uma vez que estão protegidos contra o risco de o valor da empresa descer abaixo do valor nominal da dívida e têm o direito à valorização da empresa quando esta vale mais que a dívida.

Ao invés dos acionistas, o *payoff* dos obrigacionistas é determinado pela fórmula de uma *put option* sobre o ativo da empresa:

$$D_T = \min(V_T; X) = X - \max(X - V_T; 0), \quad (2)$$

ou seja, se

$$V_T > X \Rightarrow D_T = X, \quad (2a.)$$

$$V_T \leq X \Rightarrow D_T = V_T. \quad (2b.)$$

Levando em conta a paridade *put-call* podemos afirmar que a soma do valor dos ativos (V_t) e uma *put option* (P_t) é igual à soma de uma obrigação de cupão zero e uma *call option* sobre o valor dos ativos ($C_t = E_t$):

$$V_t + P_t = X_t + E_t \Leftrightarrow V_t = E_t + (X_t - P_t), \quad (3)$$

em que

$$D_t = X_t - P_t. \quad (4)$$

Logo,

$$D_t = V_t - C_t = V_t - E_t. \quad (5)$$

Assim, o valor de uma empresa pode ser repartido em duas partes distintas. Uma de maior risco constituída pelo capital próprio, representado por uma *European call option* sobre o valor de mercado dos ativos (V_t) com o preço de exercício igual ao valor

nominal da dívida (X) e maturidade (T) igual à maturidade da dívida. A segunda parte de risco menor representativa da dívida com risco, é constituída pela dívida sem risco menos uma *European put option* com preço de exercício igual ao valor nominal da dívida (X) e com maturidade (T) igual à maturidade da dívida com risco (D).

São três os fatores que, segundo Merton (1974), dependem o valor de uma emissão de dívida. A taxa de juro sem risco; as cláusulas envolvidas nessa emissão como a maturidade, taxa de cupão, frequência dos cupões e o valor nominal; e a probabilidade de ocorrer o *default*.

Merton (1974) assume um conjunto de pressupostos simplificadores para quantificar o preço da dívida de uma empresa seguindo uma estrutura temporal de taxas de juro com risco:

- a. Mercado de capitais perfeito dada a ausência de custos de transação e impostos, e os investidores têm acesso livre à informação do mercado;
- b. Liquidez perfeita dos mercados, dado conseguirem vender todos os ativos a qualquer momento, se necessário;
- c. Os investidores são *price-takers*, ou seja, as transações que ocorrem, não influenciam as cotações dos títulos;
- d. Os empréstimos são de acesso ilimitado e todos contraídos à mesma taxa de juro;
- e. Ausência de limitações ou restrições à prática de *short-selling*;
- f. A negociação dos títulos ocorre de forma contínua;
- g. Na ausência de impostos sobre o rendimento, o valor de mercado da empresa não oscila com a estrutura de capital;
- h. Não existem custos de agência uma vez que se procura a maximização do lucro satisfazendo exclusivamente os acionistas;
- i. Não existem custos de falência;
- j. Não é possível emitir novos títulos representativos de dívida enquanto a dívida atual não for paga;
- k. Os ativos são divisíveis;
- l. A estrutura temporal das taxas de juro não é estocástica, mas sim plana. Assim, o preço de uma obrigação com risco de incumprimento que garante o pagamento no momento T é dado por:

$$P(r, t, T) = e^{-r(T-t)}, \quad (6)$$

onde r é a taxa de juro sem risco;

- m. O valor de mercado dos ativos V_t segue uma dinâmica de *Itô* descrita pelo movimento geométrico Browniano e com volatilidade constante:

$$dV_t = \mu V_t dt + \sigma V_t dW_t^{\mathcal{P}}, \quad (7)$$

onde μ e σ são constantes e representam respetivamente a taxa de retorno dos ativos da empresa e a volatilidade desses mesmos ativos. $W_t^{\mathcal{P}}$ é o movimento geométrico Browniano na medida \mathcal{P} .

Se considerarmos uma estrutura de capital tal como descrita na Figura 10, admitindo o modelo de avaliação de opções financeiras proposto por Black e Scholes (1973), é possível determinar o valor do capital próprio de uma empresa (na *risk-neutral measure* Q):

$$E_t = \mathbb{E}_t^Q [e^{-r(T-t)}(V_t - X)^+] = V_t N(+d_1) - X e^{-r(T-t)} N(+d_2), \quad (8)$$

onde,

$$d_1 = \frac{\ln(V_t/X) + (r + 0,5\sigma_V^2)(T-t)}{\sigma_V \sqrt{T-t}}, \quad (9)$$

e

$$d_2 = \frac{\ln(V_t/X) + (r - 0,5\sigma_V^2)(T-t)}{\sigma_V \sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma_V \sqrt{T-t}, \quad (10)$$

em que:

E_t : é o valor do capital próprio no momento t ;

V_t : é o valor de mercado do ativo no momento t ;

$N(\cdot)$: é a função de distribuição normal univariada;

$N(d_1)$: representa o delta da *call option*;

$N(d_2)$: é a probabilidade de a opção estar *in the money*, ou seja é a probabilidade da empresa ser solvente;

r : é a taxa de juro sem risco;

$T - t$: é o tempo que resta até à maturidade;

σ_V : é a volatilidade do ativo.

Segundo este modelo, o preço de uma obrigação através do movimento geométrico Browniano descrito na equação (7) e da paridade *put-call* da equação (5), é dada pela expressão:

$$D_t = V_t N(-d_1) + X e^{-r(T-t)} N(+d_2), \quad (11)$$

Através da abordagem de avaliação de risco neutro, podemos calcular o valor da dívida com risco:

$$\begin{aligned} D_t &= \mathbb{E}_t^Q [e^{-r(T-t)} (X - (X - V_t)^+)] \\ &= \mathbb{E}_t^Q [X e^{-r(T-t)}] - \mathbb{E}_t^Q [e^{-r(T-t)} (X - V_t)^+] \\ &= X e^{-r(T-t)} - [X e^{-r(T-t)} N(-d_2) - V_t N(-d_1)], \end{aligned} \quad (12)$$

onde $X e^{-r(T-t)}$ corresponde à dívida assumindo inexistência de incumprimento e $[X e^{-r(T-t)} N(-d_2) - V_t N(-d_1)]$ representa o prémio por haver de facto o risco de incumprimento. Esta última parcela representa precisamente uma *European put option* (P_t) tal como analisado por Black e Scholes (1973).

Deste modo, a equação (12) pode ser reescrita do seguinte modo:

$$D_t = X_t - P_t = X e^{-r(T-t)} - P_t. \quad (2)$$

Uma vez que o valor de mercado dos ativos da empresa é igual à soma do valor da dívida com o capital próprio:

$$V_t = E_t + X e^{-r(T-t)} - P_t. \quad (3)$$

O nível de risco de determinada entidade leva a que o agente excedentário de fundos, ou agente financiador, lhe exija pela cedência dos fundos um determinado *credit spread* (s) para além da taxa de juro sem risco (r), de modo a ser recompensado pelo risco de incumprimento. Naturalmente este *spread* é tanto maior, quanto maior for o risco de incumprimento da entidade emitente da dívida ou menor se o valor da empresa aumentar ou se a taxa de juro sem risco também aumentar.

Assumindo a inexistência de *default* e considerando que a *yield* da dívida é dada por $y(t, T)$, o valor nominal desta é:

$$X = D_t e^{y(t, T)(T-t)}. \quad (4)$$

Assim, a estrutura da taxa de juro com risco em regime de capitalização contínua até à maturidade da dívida é representada pela *yield* prometida:

$$y(t, T) = \frac{1}{T-t} \ln \left(\frac{X}{D_t} \right) = -\frac{1}{T-t} \ln \left(\frac{D_t}{X} \right). \quad (5)$$

No modelo de Merton o *credit spread* ou *yield spread*, consiste na diferença entre a *yield* prometida da dívida ($y(t, T)$) e a correspondente *yield* do título do tesouro (r):

$$s(t, T) = y(t, T) - r = \frac{1}{T - t} \ln \left(\frac{X}{D_t} \right) - r. \quad (6)$$

Os *credit spreads* são uma medida do nível de risco de um título de dívida para uma determinada maturidade. Não devem ser confundidos com a estrutura temporal de taxas de juro de um dado emitente, pois um maior *credit spread* não significa que o desvio padrão do título seja superior a outro com *credit spread* inferior.

Convém também realçar que o *yield spread* da dívida não é igual ao retorno esperado, pois só é realizada na maturidade e se não houver *default*. O modelo de Merton (1974) assume que a probabilidade de *default* antes da maturidade da dívida é nula, ou seja, o incumprimento apenas se poderá verificar na maturidade da dívida pois só neste momento do tempo é que há lugar ao reembolso.

Finalmente, a probabilidade de *default*, neutra face ao risco, segundo este modelo, é dada por:

$$PD(t, T) = P[V_T < X \mid V_t] = N(-d_2) = 1 - N(d_2). \quad (7)$$

É importante salientar que quase todas as variáveis do modelo podem ser observadas diretamente no mercado. O valor nominal da dívida (X) é observável nas demonstrações financeiras, o valor de mercado do capital próprio da empresa (E_t) pelas cotações em bolsa e a volatilidade desse valor (σ_E) é observável através da análise da volatilidade histórica ou da volatilidade implícita no preço de mercado de opções financeiras. A taxa de juro sem risco (r) obtém-se através dos preços das obrigações do tesouro para a maturidade em análise. O principal problema para a aplicabilidade do modelo, prende-se com o valor de mercado dos ativos (V_t) e a sua volatilidade (σ_V) que não são observáveis diretamente. Para os estimar podemos recorrer à equação (8) e à seguinte expressão:

$$\sigma_E = N(+d_1) \frac{V_t}{E_t} \sigma_V \Leftrightarrow \sigma_V = \frac{\sigma_E}{N(+d_1) \frac{V_t}{E_t}} \quad (8)$$

Pese embora as suas limitações, a simplicidade do modelo foi bastante importante no desenvolvimento de outros modelos de avaliação do risco de crédito utilizados hoje em dia na indústria financeira.

Envolvendo quer o risco de negócio como o risco financeiro, o modelo serve para avaliar não só a probabilidade de *default* como também o valor de mercado da dívida e *credit spreads* como medida de risco.

5.1.1. Limitações do modelo de Merton

Pese embora a simplicidade e o processo intuitivo que o modelo de Merton apresenta, este está revestido de várias limitações que acabam por restringir a sua aplicabilidade.

Uma das limitações do modelo de Merton (1974) decorre precisamente da estrutura temporal dos *credit spreads* estimados por este. O modelo subestima os *credit spreads* particularmente os de curto prazo para as empresas com dívida de *high-quality* ou *leverage* reduzido e sobrestima os *spreads* das empresas muito endividadas ou com dívida de *low-quality*, o que acaba de alguma forma por ser intuitivo pois as empresas solventes não entrarão em *default* no curto prazo. Contudo, os *spreads* que se observam nos mercados no curto prazo não são iguais a zero.

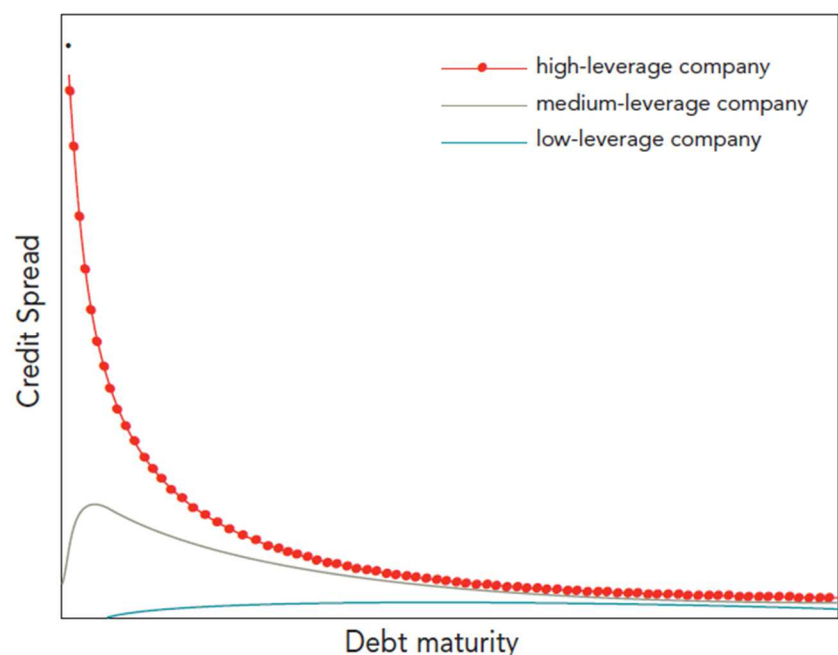


Figura 11: Estrutura temporal dos *credit spreads* através do Modelo de Merton (1974).

Uma razão para esta discrepância está na lenta evolução do valor dos ativos que o modelo apresenta e na impossibilidade de o *default* acontecer inesperadamente, o que permite que no curto prazo os CDS *spreads* e as probabilidades de *default* sejam equivalentes a zero. Na secção 5.1.2.2 descreveremos as extensões ao modelo de Merton que aumentam os *spreads* de curto prazo e que possibilitam que o evento de *default* aconteça em qualquer momento do tempo.

No longo prazo os CDS *spreads* obtidos pelo modelo, tendem a diminuir contrariando o que se observa nos mercados. A razão prende-se com a impossibilidade das empresas não poderem emitir nova dívida antes da maturidade da dívida considerada inicialmente. Uma vez que o *drift* do processo de valorização dos ativos é positivo, a distância deste

processo e do valor da dívida aumenta o que torna a empresa com menos probabilidade de entrar em *default*. A secção 5.1.2.1 oferece a solução para esta limitação.

Além da anterior, são mais três as limitações do modelo. A primeira é a estrutura da dívida que na realidade é muito mais complexa do que Merton apresenta. Na secção 5.1.2.1 descrevemos modelos estruturais que conseguem modelizar estruturas de capital mais complexas.

Como segunda, o facto de apenas permitir que o *default* ocorra na maturidade da dívida, o que implica que o valor do ativo da empresa possa ser próximo de zero antes da maturidade sem que haja o evento de *default*. Na secção 5.1.2.3 abordaremos os modelos estruturais que introduzem barreiras de *default* mais avançadas.

Finalmente, uma das maiores limitações dos modelos estruturais é a impossibilidade de se observar o processo de valorização dos ativos. Este parâmetro do modelo tem que ser estimado através de outros *inputs* observáveis, como é o caso das cotações das ações.

5.1.2. Extensões do modelo de Merton

Na secção anterior identificámos as limitações do modelo de Merton (1974) e o impacto da sua implementação. Agora iremos dedicar a nossa atenção às várias extensões que o modelo sofreu de modo a ultrapassar essas mesmas limitações.

5.1.2.1. Estrutura de capital

Como vimos anteriormente, no modelo de Merton (1974) a dívida da empresa é constituída apenas por obrigações de cupão zero.

Com o objetivo de incorporar estruturas de dívida mais complicadas, como o pagamento de cupões, dívida subordinada e restrições de *payout*, Geske (1977) desenvolveu um modelo estrutural onde incorporou os pagamentos de cupões e em que, a cada dia de pagamento, os *shareholders* têm a opção de pagarem o cupão e continuarem a controlar os destinos da empresa até à próxima data de pagamento¹¹. Para realizarem os pagamentos dos cupões recorrem à emissão novas ações. Quando deixam de ter capacidade de se refinanciarem, os *shareholders* decidem não pagar e a empresa entra em *default*.

Embora tenha introduzido uma estrutura de capital mais complexa, o modelo de Geske também prevê que o *default* possa ocorrer apenas nas datas de pagamento dos cupões.

¹¹ Os pagamentos de cupões são vistos como *compound options* sobre os ativos da empresa.

Collin-Dufresne e Goldstein (2001) incorporaram uma estrutura de capital dinâmica para superar as decrescentes probabilidades de *default* e dos *credit spreads* para maturidades mais longas. Partiram do princípio que as empresas pudessem ajustar a sua estrutura de capital através de determinados objetivos relativos ao *leverage ratio*. Por exemplo, à medida que o valor da empresa aumentava emitiam mais dívida e quando o valor da empresa diminuía a dívida não era renovada na maturidade.

5.1.2.2. Valor dos ativos

Num processo de difusão, tal como assumido no modelo de Merton (1974), não é considerada a possibilidade de quedas súbitas no valor dos ativos da empresa. Isto implica que essa empresa não está em situação de *stress* financeiro, tem uma probabilidade de *default* nula e *credit spreads* de curto prazo subavaliados, o que contrasta com o observado nos mercados.

Zhou (1977) e Zhou (2001) propuseram a extensão ao modelo de Merton que tenta resolver esta limitação com a introdução dos *jump* aleatórios. Com este novo processo de difusão o *default* pode ocorrer quer pela alteração marginal no valor dos ativos, como através da alteração súbita e inesperada do valor da empresa.

Uma das consequências desta aplicação de difusão com *jumps* é a dificuldade na estimação de diversos parâmetros o que o torna menos atrativo para implementação.

5.1.2.3. Modelos de primeira passagem¹²

No modelo de Merton (1974) o *default* apenas ocorre na maturidade da dívida, quando o valor dos ativos for inferior ao valor dessa mesma dívida. Na realidade, uma empresa pode entrar em *default* em qualquer momento do tempo devido à incapacidade de solver qualquer obrigação financeira.

Nos modelos de primeira passagem, o *default* da empresa ocorre quando o valor dos seus ativos ultrapassa pela primeira vez uma determinada barreira. Deste modo o *default* pode ocorrer em qualquer momento do tempo, e por outro lado, as probabilidades de *default* e os *credit spreads* obtidos são maiores que os observados no modelo de Merton (1974), resultando numa melhor aproximação aos *spreads* de mercado.

Além disso, como o *default* pode acontecer antes da maturidade, a probabilidade do *payoff* dos *shareholders* ser positivo é menor, pois o valor da empresa é inferior ao verificado no modelo de Merton (1974), contrariamente ao valor da dívida que é maior,

¹² Designados na literatura por *first-passage models*.

uma vez que os investidores têm que pagar pela proteção, dada a incerteza quanto ao *default*.

Este tipo de modelos foi introduzido por Black e Cox (1976) ao desenvolver o modelo de Merton (1974) com o propósito de permitir que o *default* ocorra não só na maturidade mas em qualquer momento do tempo.

Na literatura são muitos os modelos de primeira passagem que se encontram. No nosso caso, vamo-nos concentrar na variante estocástica da barreira de *default* do modelo CreditGrades.

5.2. O modelo CreditGrades

O modelo CreditGrades foi desenvolvido em conjunto pelo Deutsche Bank, Goldman Sachs, J.P. Morgan e o Grupo RiskMetrics com o intuito de se tornar num modelo ímpar na indústria financeira, estabelecendo um vínculo entre o risco de crédito e o mercado de ações.

Proposto por Finger et al. (2002), deriva do modelo de Merton (1974) e é inspirado em Black e Cox (1976). Foi concebido para modelar *credit spreads* e mensurar no tempo quando é que uma empresa entra em situação de *default*.

Ao contrário de Merton (1974), com o objetivo de captar a probabilidade de *default* antes do vencimento da dívida, Black e Cox (1976) assumiram que o evento de *default* ocorre quando o valor de mercado dos ativos for menor que um determinado valor limite (*default threshold*).

A principal diferença entre o modelo CreditGrades e os restantes modelos estruturais, é que neste é assumido uma barreira de *default* aleatória e, por conseguinte, uma taxa de recuperação também ela aleatória, o que nos permite modelar os *spreads* de curto prazo que no modelo de Merton (1974) eram artificialmente baixos e captar *jumps* inesperados que podem levar a empresa ao *default* em qualquer momento do tempo, ao invés do modelo base que apenas previa o *default* na maturidade das obrigações.

Outra diferença substancial deste modelo para os restantes é que o *output* final é a estimação de *spreads*, nomeadamente os CDS *spreads*, ao invés das probabilidades teóricas de *default*.

Tal como no modelo de Merton (1974), é assumido que a dinâmica do valor da empresa segue um processo estocástico, nomeadamente um movimento geométrico Browniano atrás enunciado pela equação (7), mas com *drift* nulo.

É considerado *default* como o primeiro instante em que o valor do ativo (V_t), ultrapassa a barreira aleatória (B_t), definida assim:

$$B_t = \Lambda D, \quad (9)$$

onde B_t representa o montante dos ativos que vão restar aquando do default; Λ a taxa de recuperação por parte dos credores em caso de *default*; e D a dívida por ação da empresa.

A taxa de recuperação Λ , é modelada como uma variável aleatória log-normal dada por:

$$\Lambda = \bar{\Lambda} e^{\lambda Z - \lambda^2/2}, \quad (10)$$

com $\lambda, \bar{\Lambda} \in \mathbb{R}_+$, e Z uma variável aleatória normal e em que $\bar{\Lambda}$ e λ representam respetivamente a média e o desvio padrão de Λ .

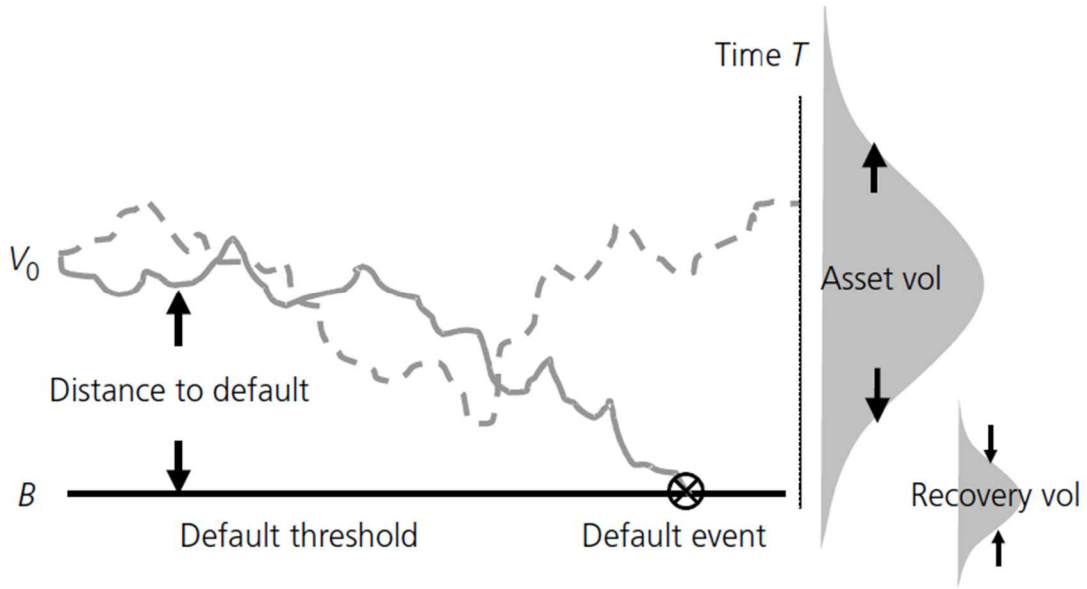


Figura 12: A dinâmica do modelo CreditGrades.

De acordo com Finger et al. (2002) a média $\bar{\Lambda}$ e a percentagem do desvio padrão λ da taxa de recuperação aleatória Λ são estimadas através da base de dados de gestão de portfolios bem como da base de dados da Standard and Poor's. Com base no mesmo artigo são estimados em 50% e 30%, respetivamente.

Convém referir que a variável Z e, por conseguinte, Λ são independentes da *Standard Brownian Motion* W_t^P . Para além disso, a variável Z é desconhecida em $t = 0$ e só é revelada aquando do *default*, caso este ocorra.

Assim, a barreira aleatória de *default* pode ser expressa da seguinte forma:

$$B_t = \Lambda D = \bar{\Lambda} D e^{\lambda Z - \lambda^2/2}. \quad (11)$$

Pode ser demonstrado que:

$$\bar{\Lambda} = \mathbb{E}[\Lambda] \quad (12)$$

e que

$$\lambda^2 = \mathbb{V}[\ln(\Lambda)], \quad (13)$$

em que $\mathbb{E}[\cdot]$ e $\mathbb{V}[\cdot]$ representam, respetivamente, a expectativa e a variância da variável aleatória.

5.2.1. Probabilidade de sobrevivência

Admitindo que o valor dos ativos no momento zero é V_0 , o *default* não ocorrerá enquanto:

$$V_0 e^{\sigma W_t - \sigma^2 t/2} > \bar{\Lambda} D e^{\lambda Z - \lambda^2/2}. \quad (14)$$

Significa que a probabilidade do valor dos ativos não alcançar a barreira de *default* antes de t é-nos dada pela probabilidade de sobrevivência até t . Para a calcular, há que introduzir o seguinte processo:

$$X_t = \sigma W_t - \lambda Z - \frac{\sigma^2 t}{2} - \frac{\lambda^2}{2}. \quad (15)$$

Reorganizando a equação de *no-default* :

$$X_t > \ln\left(\frac{\bar{\Lambda} D}{V_0}\right) - \lambda^2. \quad (16)$$

De realçar que para $t \geq 0$, X_t segue uma distribuição normal, com:

$$\mathbb{E}[X_t] = -\frac{\sigma^2}{2} \left(t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \right) \quad (17)$$

e

$$\mathbb{V}[X_t] = \sigma^2 \left(t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \right) = \sigma^2 t + \lambda^2. \quad (18)$$

5.2.1.1. Probabilidade de sobrevivência aproximada

A probabilidade de sobrevivência aproximada tem como ideia central, o determinar um novo processo que seja similar a X mas que não contenha a variável aleatória Z . Assim, o processo X pode ser aproximado a uma *drifted-Brownian motion* \hat{X} com *drift* $-\frac{\sigma^2}{2}$ e taxa de variância σ^2 que começa em $-\Delta t = -\frac{\lambda^2}{\sigma^2}$ com $\hat{X}_{-\Delta t} = 0$. Isto é, para $t \geq -\lambda^2\sigma^2$, temos:

$$\hat{X} = \sigma W_{t+\frac{\lambda^2}{\sigma^2}} - \frac{\sigma^2}{2} \left(t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \right). \quad (19)$$

De notar que para $t \geq 0$,

$$\mathbb{E}[\hat{X}_t] = -\frac{\sigma^2}{2} \left(t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \right) \quad (20)$$

e

$$\mathbb{V}[\hat{X}_t] = \sigma^2 \left(t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \right) = \sigma^2 t + \lambda^2, \quad (21)$$

isto é, os momentos \hat{X}_t correspondem aos momentos X_t .

O processo \hat{X}_t não contém a variável aleatória Z que tinha sido utilizada para modelar a incerteza na barreira de *default*. Assim, em vez de introduzir a incerteza na barreira de *default*, esta é introduzida ao nível do valor dos *ativos* em $t = 0$.

O uso desta aproximação só é possível pois a distância entre o valor do ativo e a barreira de *default* é a característica principal deste modelo.

Para derivar uma expressão analítica para o cálculo da probabilidade de sobrevivência até t consideramos o seguinte processo Y :

$$Y_t = at + bW_t, \quad (22)$$

com constantes a e b , sendo $b > 0$. Define-se m_t^Y como o mínimo corrente de Y , isto é, $m_t^Y = \min_{u \in [0, t]} Y_u$. Segundo Musiela et al. (2004) ou Jeanblanc et al. (2009), a seguinte fórmula é válida para todo o $y \leq 0$:

$$\mathbb{P}(m_t^Y \geq y) = \mathbb{P}(Y_u \geq y, \forall 0 \leq u \leq t) = N\left(\frac{-y + at}{b\sqrt{t}}\right) - e^{2ayb^{-2}} N\left(\frac{y + at}{b\sqrt{t}}\right). \quad (23)$$

Para aplicar este resultado a \hat{X}_t , define-se $a = -\frac{\sigma^2}{2} = \sigma$ e $y = \log \frac{\bar{\lambda}D}{V_0} - \lambda^2$ e substitui-se t por $t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2}$. Assim, obtemos a fórmula de cálculo da probabilidade de sobrevivência aproximada em $t = 0$ até ao momento t dada pela diferença entre as duas distribuições cumulativas:

$$SP(0, t) = N\left(-\frac{a_t}{2} + \frac{\ln(d)}{a_t}\right) - dN\left(-\frac{a_t}{2} - \frac{\ln(d)}{a_t}\right), \quad (24)$$

onde

$$d = \frac{V_0 e^{\lambda^2}}{\bar{\lambda} D}, \quad (25)$$

$$a_t^2 = \sigma^2 t + \lambda^2 \quad (26)$$

e

$N(\cdot)$ a distribuição normal univariada.

Para converter a probabilidade de sobrevivência num preço é necessário especificar dois parâmetros adicionais: a taxa de juro sem risco r e a taxa de recuperação de um determinado crédito R . De realçar que enquanto R é a taxa de recuperação esperada sobre determinada classe de passivo, Λ é a recuperação média esperada sobre todas as classes de ativos.

5.2.1.2. Probabilidade de sobrevivência exata

Outra via para calcular a probabilidade de sobrevivência é incluir a variável aleatória Z seguindo uma distribuição normal.

Segundo Kiesel e Veraart (2008) a probabilidade de sobrevivência exata através do modelo CreditGrade obtém-se através da expressão:

$$SP(0, t) = N_2\left(-\frac{\lambda}{2} + \frac{\ln(d)}{\lambda}, -\frac{a_t}{2} + \frac{\ln(d)}{a_t}; \frac{\lambda}{a_t}\right) - dN_2\left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\ln(d)}{\lambda}, -\frac{a_t}{2} + \frac{\ln(d)}{a_t}; \frac{\lambda}{a_t}\right), \quad (27)$$

onde d e a_t são definidos pelas equações (36) e (37) respetivamente, e

$$N_2(a, b, \rho) = \int_{-\infty}^a \int_{-\infty}^b \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2 - 2\rho xy + y^2}{1-\rho^2}\right)\right) dx dy \quad (28)$$

é a distribuição bivariada normal acumulada, equação esta que corrige a inicialmente sugerida por Finger et al. (2002).

Embora a probabilidade de sobrevivência exata possa ser calculada através da equação (38), normalmente é utilizada a equação aproximada (35) dado que, na prática as diferenças numéricas entre as duas abordagens são mínimas.

No entanto, Kiesel e Veraart (2008) mostram que existem circunstâncias em que as duas equações podem conduzir a resultados significativamente diferentes, nomeadamente nos casos de empresas altamente alavancadas ou com um rácio *debt-per-share* muito baixo.

5.2.1.3. Probabilidade de *default*

Para implementar o modelo e determinar a probabilidade de sobrevivência, a probabilidade de *default* e o *credit spread*, partimos do lema de Itô onde se obtém uma relação direta entre a volatilidade do ativo e o capital próprio:

$$\sigma_E = \frac{\partial S_0}{\partial V_0} \left(\frac{V_0}{S_0} \right) \sigma_V. \quad (40)$$

O número de desvio-padrão anualizados entre o valor do capital da empresa e o *default* é avaliado através de uma medida denominada de *distance to default*:

$$\eta = \frac{1}{\sigma} \ln \left(\frac{V_0}{VD} \right). \quad (41)$$

Segundo Finger et al. (2002) ao longo da *distance to default*, o valor do ativo no momento inicial, pode ser expresso da seguinte forma:

$$V_0 = S_0 + \bar{\lambda} D \quad (42)$$

e a volatilidade do ativo vem como:

$$\sigma_V = \sigma_E \frac{S_0}{S_0 + \bar{\lambda} D}. \quad (43)$$

Assim, teremos que:

$$d = \frac{S_0 + \bar{\lambda} D}{\bar{\lambda} D} e^{\lambda^2} \quad (44)$$

e

$$a_t^2 = \left(\sigma_E \frac{S_0}{S_0 + \bar{\Lambda} D} \right)^2 t + \lambda^2. \quad (45)$$

Estimando assim a probabilidade de sobrevivência, conseguimos estimar a probabilidade de *default* simplesmente por intermédio do seguinte cálculo:

$$PD(0, t) = 1 - SP(0, t). \quad (46)$$

Como referido anteriormente, uma das grandes diferenças do Modelo CreditGrades relativamente aos demais modelos estruturais de avaliação do risco de crédito, prende-se com o *output* final que neste caso é a estimação dos *spreads* de crédito, nomeadamente os CDS *spread*.

5.2.2. Cálculo de *Credit Default Swap spread*

Admitindo a taxa de juro sem risco (r) constante, a taxa de recuperação da obrigação (R) e a função da probabilidade de sobrevivência ($q(u)$), o CDS *spread* para a maturidade t é dado pela expressão:

$$s(0, t) = - \frac{(1 - R) \int_0^t e^{-ru} dq(u)}{\int_0^t q(u) e^{-ru} du}. \quad (47)$$

Considerando a arquitetura do modelo e a probabilidade de sobrevivência aproximada como figura na equação (35), o CDS *spread* atual em regime de juro composto para um contrato com maturidade t é igual a:

$$s(0, t) = r(1 - R) \frac{1 - SP(0, 0) + e^{r\xi} [G(t + \xi) - G(\xi)]}{SP(0, 0) - SP(0, t)e^{-rt} - e^{r\xi} [G(t + \xi) - G(\xi)]}, \quad (48)$$

onde

$$\xi = \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \quad (49)$$

e a função $G(x)$, que nos é dada por Rubinstein and Reiner (1991), como:

$$G(x) = d^{z+0,5} N \left(-\frac{\ln(d)}{\sigma\sqrt{x}} - z\sigma\sqrt{x} \right) + d^{-z+0,5} N \left(-\frac{\ln(d)}{\sigma\sqrt{x}} + z\sigma\sqrt{x} \right), \quad (50)$$

com

$$z = \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{2r}{\sigma^2}}. \quad (51)$$

Como referido anteriormente o *default* é definido como o primeiro instante em que o valor do ativo (V_t), ultrapassa a barreira aleatória (B_t). A densidade desta ocorrência pode ser obtida integrando a primeira passagem da densidade do movimento geométrico Browniano numa barreira limite sobre a distribuição da taxa de recuperação (λ). A probabilidade da função da densidade do tempo para o *default* é definida como:

$$f(t) = \frac{dSP(t)}{dt}, \quad (52)$$

então, a probabilidade acumulada de *default* até ao momento t é dada por:

$$1 - SP(0) + \int_0^t f(u)du. \quad (53)$$

Considerando um contrato CDS com maturidade t e *spread* s , o valor atual esperado do pagamento de recuperação contingente (*protection leg*) efetuado pelo vendedor da proteção ao respetivo comprador se o evento de *default* ocorrer antes da maturidade do contrato é:

$$Protection\ Leg\ PV = (1 - R) \left[1 - SP(0) + \int_0^t f(u)e^{-ru}du \right]. \quad (54)$$

Ao invés, o valor esperado dos prémios pagos regularmente pelo comprador da proteção (*premium leg*) ao vendedor até à maturidade ou até à ocorrência de um evento de *default* é dado pela expressão:

$$Premium\ Leg\ PV = s \int_0^t SP(u)e^{-ru}du. \quad (55)$$

Assim, o preço de um CDS é simplesmente a diferença entre as equações (54) e (55), ou seja:

$$CDS = (1 - R) \left[1 - SP(0) + \int_0^t f(u)e^{-ru}du \right] - s \int_0^t SP(u)e^{-ru}du, \quad (56)$$

onde

$$s \int_0^t SP(u)e^{-ru} du = -\frac{1}{r} SP(t)e^{-rt} + \frac{1}{r} SP(0) - \frac{1}{r} \int_0^t f(u)e^{-ru} du, \quad (57)$$

que transforma a equação (54), reescrita do seguinte modo:

$$CDS = (1 - R)[1 - SP(0)] - \frac{s}{r} [SP(0) - SP(t)e^{-rt}] + \left(1 - R + \frac{s}{r} \int_0^t f(u)e^{-ru} du\right), \quad (58)$$

onde

$$\int_0^t f(u)e^{-ru} du = e^{r\xi} [G(t + \xi) - G(\xi)]. \quad (59)$$

5.2.3. A performance do modelo CreditGrades

Tal como proposto por Finger et al. (2002) o modelo CreditGrades foi desenvolvido para estabelecer uma ligação simples e robusta entre o risco de crédito e os mercados acionistas.

Como refere Stamicar e Finger (2006), difere do modelo de Merton (1974) uma vez que o seu principal *output* é a produção de *spreads* e não as probabilidades objetivas de *default*.

Bystrom (2006) estudou a correlação entre os *spreads* produzidos pelo CreditGrades e os observados no mercado iTraxx CDS index. Descobriu que alterações nos *spreads* de mercado eram previamente observadas no modelo. Concluiu também que os CDS *spreads* do índice eram significativamente auto correlacionados.

Yu (2006) e Duarte, Longstaff e Yu (2007) não estudaram a capacidade preditiva do modelo CreditGrades, mas utilizaram-no para implementar uma estratégia de arbitragem na estrutura de capital. Compararam os *spreads* calculados pelo modelo com os observados no mercado e desenharam estratégias de *trading* procurando lucros originados pelos *mispricings* do mercado. Yu (2006) concluiu que a estrutura de arbitragem de capital, embora possa ter retornos, comporta um risco muito elevado.

Stamicar e Finger (2006) propuseram uma extensão ao modelo CreditGrades com a inclusão de volatilidades implícitas obtidas através do mercado de opções, nomeadamente com *at-the-money options* (*call* e *put*), de modo a tornar a sua calibração mais eficiente. Conseguiram que o modelo ficasse dotado de uma melhor previsão de sinais de alerta sobre a problemática do risco de crédito, especialmente em períodos de crise.

Cao, Yu e Zhong (2010) concluíram que a volatilidade implícita das *put-options* reflete a volatilidade esperada no futuro e o prémio de risco da volatilidade. Ambas as medidas foram incluídas numa regressão de modo a explicar o valor dos CDS.

Cao, Yu e Zhong (2011) demonstraram através do modelo CreditGrades que inclusão da volatilidade implícita com base em opções em detrimento da volatilidade histórica, transforma o modelo dotando-o de uma melhor performance na hora de prever os *credit spreads*.

Com base nos CDS *spreads* do modelo CreditGrades, Bedendo, Cathcart e El-Jahel (2011) descobriram que estes eram significativamente correlacionados com os *spreads* de mercado, que a diferença entre ambos varia com o tempo e que essa diferença acentua-se em períodos de turbulência financeira. Conclui que o modelo evidencia alguma capacidade preditiva quanto às oscilações do mercado.

6. Aplicação a um caso real

Neste capítulo iremos implementar e testar o modelo CreditGrades a uma empresa cotada portuguesa do setor financeiro. Analisaremos os dados recolhidos para o calibrar e a metodologia adotada.

6.1. Banco Espírito Santo. O velho banco

O Banco Espírito Santo S.A. (BES) foi um dos maiores bancos privados portugueses, cujas origens remontam ao ano de 1869, quando José Maria do Espírito Santo e Silva fundou, com outros investidores, a “Caza de Câmbio” que mais tarde viria a dar origem, em 1920, ao BES. Na última década chegou a ser a segunda maior instituição financeira privada Portuguesa em termos de ativos líquidos (80.700 milhões de euros), com uma participação média de mercado de 20,3% e uma carteira de 2,1 milhões de clientes.

Após um aumento de capital de 1.045 milhões de euros, concluído com sucesso em junho de 2014, apesar das reservas confirmadas pelo próprio prospeto da operação quanto a irregularidades financeiras em empresas do universo GES (Grupo Espírito Santo), a ESFG (Espírito Santo *Financial Group*) anunciou em 10 de julho desse ano a suspensão da negociação de ações e obrigações da empresa em Lisboa e no Luxemburgo devido a “dificuldades materiais em curso”, especialmente do seu maior acionista ESI (Espírito Santo Internacional). Nesse mesmo dia, a agência de *rating* Moody’s baixou a notação de risco da ESFG em três níveis, de B2 para Caa2. No dia seguinte é a vez do *rating* do BES ser revisto em baixa, de Ba3 para B3, justificado pelo aumento do risco de crédito da ESFG.

Os receios em torno da solidez financeira do GES ganharam força após ter sido noticiado que a subsidiária Suíça *Banque Privée* Espírito Santo estava em incumprimento no reembolso a clientes que detinham investimentos em dívida da ESI. Esta última candidatou-se a 18 de julho de 2014 ao regime de gestão controlada no Luxemburgo por não estar em condições de cumprir com as suas obrigações.

A 22 de julho de 2014 é a vez da Rioforte, empresa de topo do ramo não financeiro do GES, apresentar também um pedido de sujeição ao regime de gestão controlada ao abrigo da lei luxemburguesa. Nesse mesmo dia, por decisão do comité da gestora da bolsa portuguesa, os títulos da ESFG deixaram de negociar no principal índice bolsista português (PSI-20), devido à extensão do período de suspensão de negociação.

Seguindo o exemplo da ESI e da Rioforte, também a ESFG, em 24 de julho de 2014, apresentou um pedido de gestão controlada aos tribunais do Luxemburgo, por não estar em condições de cumprir as suas obrigações relacionadas com dívidas.

No final de julho de 2014 (dia 30), o BES anunciou prejuízos históricos de 3,5 mil milhões de euros resultantes de “fatores de natureza excecional” que levaram a um custo com imparidades e contingências de 4,3 mil milhões de euros. Só para fazer face a eventuais perdas a ocorrer com empresas do universo GES, constituiu provisões para imparidades de 1,2 mil milhões de euros.

O relatório de contas semestrais revelou que o banco fechou aquele período com um rácio de capital de 5%, abaixo do mínimo fixado pelo Banco de Portugal de 7% para os rácios CET1 (*Common Equity Tier 1*) e T1 (*Tier 1*), e que o Conselho de Administração encontrou passivos que não constavam nos registos contabilísticos do banco. Ficou evidente no documento a violação de anteriores determinações do Banco de Portugal que proibiam o aumento de exposição a outras entidades do GES.

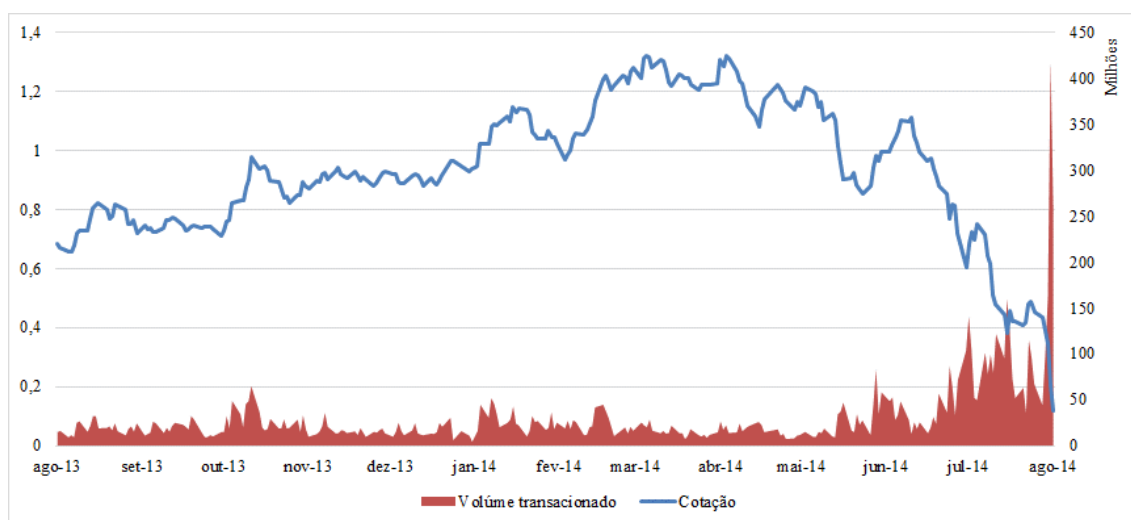


Figura 13: Cotação das ações do BES e volume transacionado entre 01/08/2013 e 01/08/2014.

Em 31 de julho, após o regulador ter suspenso os administradores do BES por indícios de prática de atos prejudiciais aos interesses do banco, a CMVM deliberou a suspensão da negociação das ações na bolsa de Lisboa e programou a sua saída do índice para 8 de agosto, deteriorando ainda mais a posição financeira dos *shareholders* na empresa, com os títulos a depreciarem cerca de 50%. No dia seguinte, nova queda de 40%, com a ESFIL (Espírito Santo Financière), “holding” detida a 100% pela ESFG e dona do Banque Privée Espírito Santo, avançar também com um pedido de gestão controlada no Luxemburgo. Nesse mesmo dia a ESFP (Espírito Santo Financial Portugal) admite a incapacidade em honrar compromissos e avançou com um pedido de insolvência.

A sessão de bolsa do dia 1 de agosto de 2014 fecha com os títulos do BES a valerem 0,12€. Nesse mesmo dia, o BCE decidiu suspender o estatuto de contraparte do BES em operações de política monetária, com efeitos a partir de 4 de agosto de 2014, a par da

obrigação de este reembolsar integralmente o seu crédito junto do Eurosistema, de cerca de 10 mil milhões de euros, no fecho das operações de 4 de agosto. Esta decisão tornou insustentável a situação de liquidez do banco, que já o tinha obrigado a recorrer excecionalmente, com especial incidência nos últimos dias, à cedência de liquidez em situação de emergência por parte do Banco de Portugal.

Com a constante desvalorização dos ativos, a grave situação de liquidez e o “desmoronar” de várias empresas do GES, as autoridades de regulação e supervisão foram obrigadas a intervir no banco a 3 de agosto (domingo), para protegerem os depositantes e os ativos fundamentais, separando-o em dois bancos (o “*bad*” *bank* e o “*good*” *bank*). O primeiro recebeu os ativos considerados “tóxicos”, nomeadamente grandes volumes de dívida concedidos a empresas do GES, ao passo que o segundo, denominado de Novo Banco, foi constituído com os ativos de elevada qualidade como os depósitos de clientes, créditos de outros bancos e a seguradora Tranquilidade.

6.2. Enquadramento Macroeconómico

O ano de 2013 ficou marcado pela recuperação da atividade económica global, particularmente visível nas principais economias desenvolvidas. Nos Estados Unidos observou-se um crescimento de 1,9%, principalmente por um comportamento mais dinâmico no 2º semestre. Com uma política orçamental em trajetória de consolidação, coube à vertente monetária manter os instrumentos de estímulo à economia. Com a inflação em níveis reduzidos e com ausência de pressões inflacionistas, a FED manteve, ao longo do ano, o programa de aquisição de ativos (*quantitative easing*) definido em 2012, ao ritmo mensal de 85 mil milhões de dólares norte-americanos, mantendo também a *target rate* dos *fed funds* no intervalo compreendido entre 0% e 0,25%. No entanto, a melhoria da atividade permitiu ao Fed sinalizar a atenuação do *quantitative easing* em dezembro desse ano.

O bom desempenho das economias desenvolvidas foi também suportado por uma recuperação da atividade na Europa. De facto, o ano 2013 foi marcado por uma estabilização das condições financeiras e económicas da Zona Euro, apesar da ocorrência de alguns fatores adversos, de que se destacaram a instabilidade política em Itália e a crise financeira de Chipre. A maior estabilidade das condições dos mercados financeiros resultou do forte recuo dos riscos sistémicos associados à crise da dívida soberana, bem como de uma melhoria progressiva das perspetivas de crescimento da atividade. No conjunto do ano, o PIB (produto interno bruto) da Zona Euro teve uma contração de 0,5%, explicada pelo forte recuo da atividade no 1º trimestre ao passo que o 2º foi já marcado por um forte crescimento.

Em maio, o BCE (Banco Central Europeu) reduziu a principal taxa de juro de referência em 25 pontos base, de 0,75% para 0,5%, e em novembro, face a uma expressiva desaceleração dos preços, levou a cabo uma nova redução de 25 pontos base naquela

taxa, para um mínimo histórico de 0,25%. Para além destas decisões, o BCE prolongou até (pelo menos) meados de 2015 a provisão ilimitada de liquidez nas operações de refinanciamento.

Em Portugal, o desempenho favorável das exportações e uma tendência de estabilização na procura interna traduziram-se numa recuperação da atividade a partir do 2º trimestre de 2013. O PIB registou uma queda anual de 1,4% em 2013, mas com variações trimestrais positivas a partir do 2º trimestre e com regressos aos crescimentos homólogos no 4º trimestre. O crescimento da economia portuguesa manteve-se, no entanto, condicionado pelo processo de *deleveraging* em curso nos diferentes setores.

Apesar da continuação de uma tendência de retoma, o 1º trimestre de 2014 ficou marcado por um crescimento da atividade económica global abaixo das expectativas. Esse facto foi sobretudo visível na Zona Euro, que registou no 2º trimestre uma variação do PIB pouco superior à observada nos primeiros três meses do ano. A atividade nesta economia manteve-se penalizada pela persistência de uma moeda forte, com impactos desfavoráveis na procura externa e na atividade industrial. Adicionalmente, e apesar de alguns sinais de estabilização, o crédito ao setor privado não financeiro manteve-se em queda. Com a inflação homóloga em 0,5%, o BCE anunciou em junho uma redução dos juros de referência, levando a taxa de juro das operações principais de refinanciamento para 0,15% e a taxa de juro da facilidade de depósitos para -0,1%. A autoridade monetária anunciou ainda, novas medidas de apoio ao financiamento da atividade económica. Neste contexto, a Euribor a 3 meses diminuiu de 0,287% para 0,207 no 1º semestre e o euro depreciou-se 0,7% no mesmo período, para EUR/USD 1,369.

Em Portugal, e após a queda de 0,6% no 1º trimestre, o PIB registou uma expansão ligeira no 2º trimestre, ainda penalizado pela moderação da atividade industrial. Já o consumo privado e a atividade nos serviços prolongaram a recente tendência de recuperação. A *yield* das OTs (obrigações do Tesouro) a 10 anos desceu de 6,13% para 3,65% no 1º semestre, tendo o Tesouro português voltado a aceder aos mercados de dívida de longo prazo, com emissões a 5 e 10 anos. Apesar de um ganho de 3,7% nos primeiros 6 meses do ano, o PSI-20 registou uma queda de 10,6% no 2º trimestre, penalizado por desenvolvimentos desfavoráveis no setor financeiro.

6.3. Dados e metodologia adotada

Para testar o modelo CreditGrades e a sua capacidade de previsão, decidimos aplicá-lo ao BES atendendo à deterioração que a empresa sofreu nos mercados financeiros até à intervenção do Banco de Portugal em Agosto de 2014.

Iremos calcular os CDS *spreads* teóricos estimados pelo modelo e as probabilidades de *default*. Através dos *spreads* estimados e por comparação com os *spreads* de mercado, pretendemos avaliar qual a capacidade que o modelo tem em prever movimentos futuros nos mercados.

Finalmente, e consoante os resultados obtidos, apresentaremos uma estratégia simplificada de arbitragem.

6.3.1. Dados

Para implementar a metodologia desenvolvida na secção seguinte, necessitámos aproximadamente de 252 *trading days* de preços das ações e dados de balanço da empresa. Através da Bloomberg obtivemos as cotações de fecho das ações da empresa para cada *trading day* entre 01 de agosto de 2013 e 01 de agosto de 2014. Os montantes de dívida de curto e longo prazo, o número de ações em circulação, os interesses minoritários e o número de ações preferenciais foram retirados dos relatórios e contas trimestrais disponibilizados pelo *site* da CMVM (Comissão de Mercados e Valores Mobiliários)¹³.

Como *proxy* da taxa de juro sem risco utilizámos as cotações diárias da Euribor a 3 meses obtidas através do *site* do Banco de Portugal¹⁴, transformando-a em regime de capitalização contínua, tal como requer o modelo em estudo.

Como referido na secção 5.2, $\bar{\lambda}$ e λ são estimados pelas agências de *rating* internacionais. Embora Finger et al. (2002) sugiram que estes parâmetros sejam calibrados em 50% e 30% respetivamente, testámos o modelo com valores inferiores de λ , nomeadamente 5%, 10% e 15%, seguindo Kiesel et al. (2008), uma vez que estamos na presença de uma empresa integrada num setor altamente regulado.

Os *spreads* de mercado dos CDS sobre emissões de dívida *senior unsecured* do BES, com 5 anos de maturidade, foram obtidos através da Bloomberg.

6.3.2. Metodologia adotada

Assumimos como grandes objetivos deste trabalho perceber como é que o mercado vinha antecipando os problemas ocorridos no BES e em que medida o modelo CreditGrades conseguiu prever as alterações ocorridas nos *spreads* dos CDS sobre títulos de dívida do banco. Recuámos 1 ano ao último dia de negociação das suas ações no índice PSI-20, e estimámos com frequência diária os *fair value* dos *spreads* e as probabilidades de *default* da instituição, através das equações (48) e (46), respetivamente.

¹³ <http://www.cmvm.pt/>

¹⁴ <http://www.bportugal.pt/>

Para implementar o modelo são vários os *inputs* necessários à sua calibração. Algumas das variáveis são estimadas a partir de dados de mercado, como o valor do ativo da empresa no momento t_0 calculado pela expressão (42) onde S_0 é o preço das ações da empresa no momento inicial, e a volatilidade desse ativo, que obtemos através da equação (43), em que σ_E é a volatilidade histórica anualizada dos preços de fecho das ações nos 252 *trading days* anteriores.

A montante total de dívida foi calculado pelo somatório dos empréstimos de longo prazo com os de curto prazo e metade do restante passivo. Esta ultima parcela de dívida foi incluída com um fator de desconto de 50% para corrigir a inclusão de passivo não financeiro no modelo.

O número de ações imprescindível para estimar a dívida por ação é o somatório das ações ordinárias em circulação e as ações preferenciais limitadas em 50% das primeiras.

Finalmente, a dívida por ação D foi obtida através da divisão da dívida financeira pelo número de ações.

Para testar a calibração do modelo e comparar os CDS *spreads* teóricos com os CDS *spreads* do mercado, calculámos a seguinte regressão OLS, seguindo a metodologia que Bystrom (2006) utilizou para comparar o mesmo modelo com o índice iTraxx:

$$\Delta CDS_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta CG_t + \alpha_2 \Delta CG_{t-1} + \alpha_3 \Delta CDS_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (60)$$

onde,

$\alpha_{0,...,3}$ são os coeficientes regressores;

CDS_t é a alteração logarítmica dos CDS *spreads* de mercado do momento $t - 1$ até t ;

CG_t é a alteração logarítmica dos CDS *spreads* obtidos através do modelo CreditGrades do momento $t - 1$ até t ;

ε_t representa o termo de erro normalmente distribuído.

Com o primeiro termo pretendemos medir como é que o modelo explica os CDS *spreads* de mercado dos 252 *trading days* anteriores a 3 de Agosto de 2014¹⁵, e com o segundo verificar se o modelo tem capacidade preditiva.

¹⁵ Data do “resgate” pelo fundo de resolução do setor bancário.

7. Resultados

Os *outputs* do modelo são os *spreads* de crédito e as probabilidades de ocorrência de um evento de crédito, mais conhecidos por probabilidades de *default*. No fundo, são estas as métricas mais importantes para medir a saúde financeira da instituição financeira em análise. A probabilidade de *default* deve ser vista como uma previsão de ocorrência de eventos de crédito para um horizonte temporal de um ano, tendo em conta o *stock* de dívida atual da empresa. Com base em informação de mercado fornece uma medida quantitativa acerca da solvência da empresa. O *spread* de crédito é uma medida de risco associada com a situação de crédito à empresa, que normalmente é tanto maior quanto mais elevado forem as dificuldades financeiras da empresa, de maneira a compensar o investidor ou financiador pelo risco envolvido.

Os *spreads* estimados pelo modelo CreditGrades e os *spreads* de mercado são os apresentados na figura 14 com λ igual a 5%, na figura 15 onde λ equivale a 10% e na figura 16 onde λ é 15%.

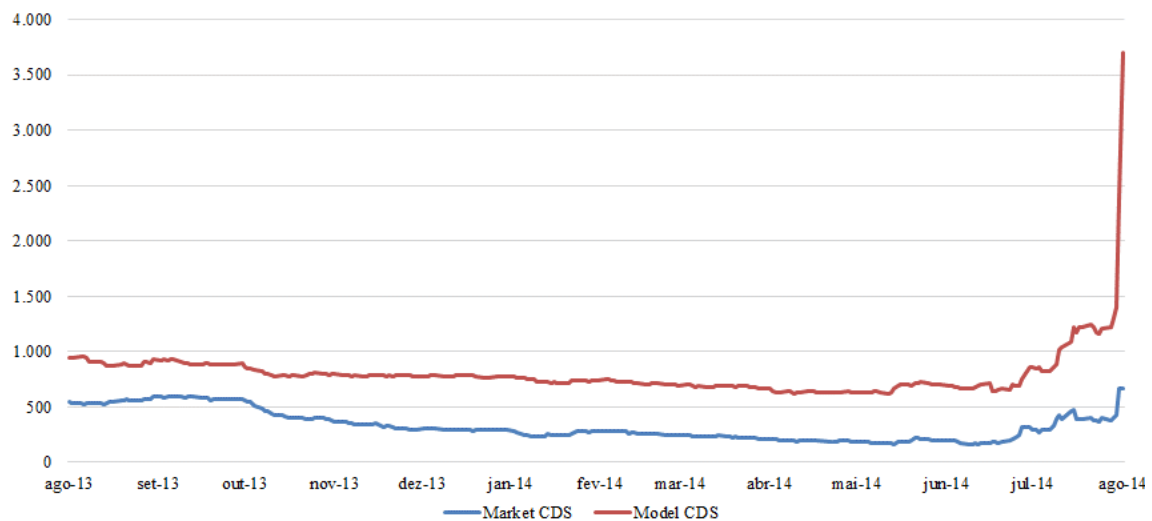


Figura 14: Evolução CDS *spreads* de mercado vs. CreditGrades CDS *spreads*, com $\lambda=5\%$.

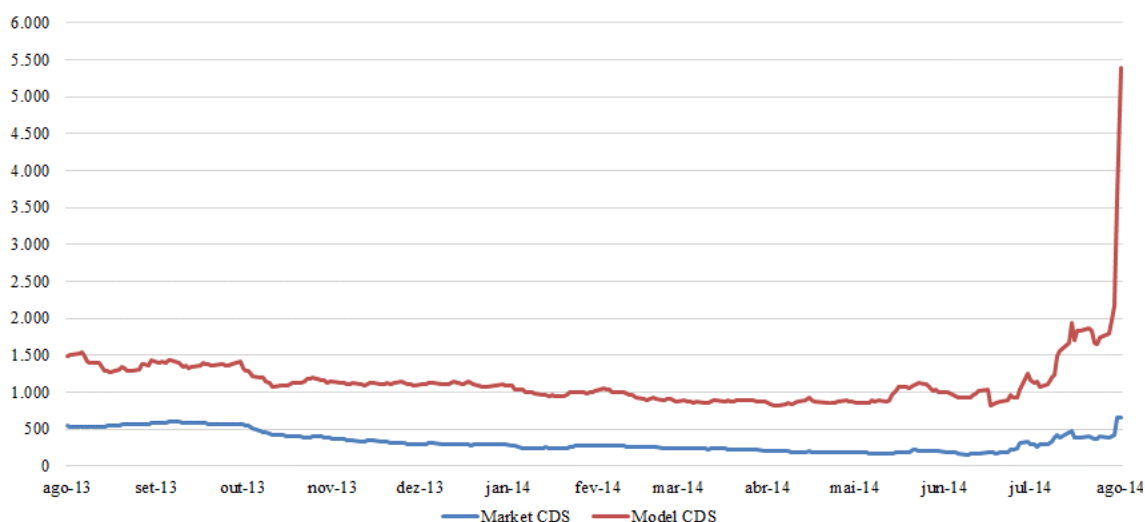


Figura 15: Evolução CDS *spreads* de mercado vs. CreditGrades CDS *spreads*, com $\lambda=10\%$.

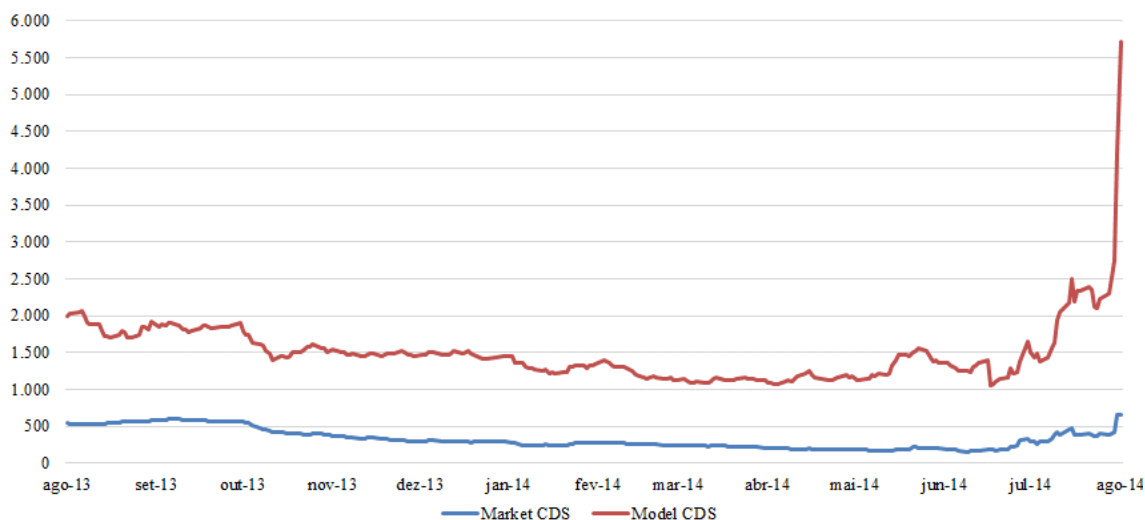


Figura 16: Evolução CDS *spreads* de mercado vs. CreditGrades CDS *spreads*, com $\lambda=15\%$.

Verifica-se que quanto maior for a volatilidade da barreira λ , maior é a diferença entre ambos os *spreads* e, como esperado, a sua volatilidade também aumenta.

Embora em largos períodos do tempo de estudo a diferença entre ambos ronde os 50% (no caso de λ ser igual a 5%), olhando apenas para os gráficos das figuras 14, 15 e 16, a tendência aparentemente é similar. Para Yu (2006), os *spreads* de mercado estarão cotados corretamente se a diferença para os *spreads* estimados pelo respetivo modelo se cifre abaixo dos 50% - razão pela qual de ora em diante todo o modelo é calibrado com λ de 5% -, no entanto, para o resultado que pretendemos alcançar o importante não é saber se o *spread* está corretamente estimado com o menor *gap* possível, mas sim que o

modelo consiga estimar, com a melhor precisão possível, as variações diárias dos *spreads*.

Constatámos que em junho de 2014, com os acontecimentos que referimos na secção 6.1, o mercado de dívida como que “acordou” para os problemas que a instituição poderia atravessar. O próprio modelo estimou *spreads* a quererem acompanhar de facto o mercado embora com menor volatilidade, exceto nos últimos dias em análise onde os *spreads* do modelo dispararam com o risco de crédito.

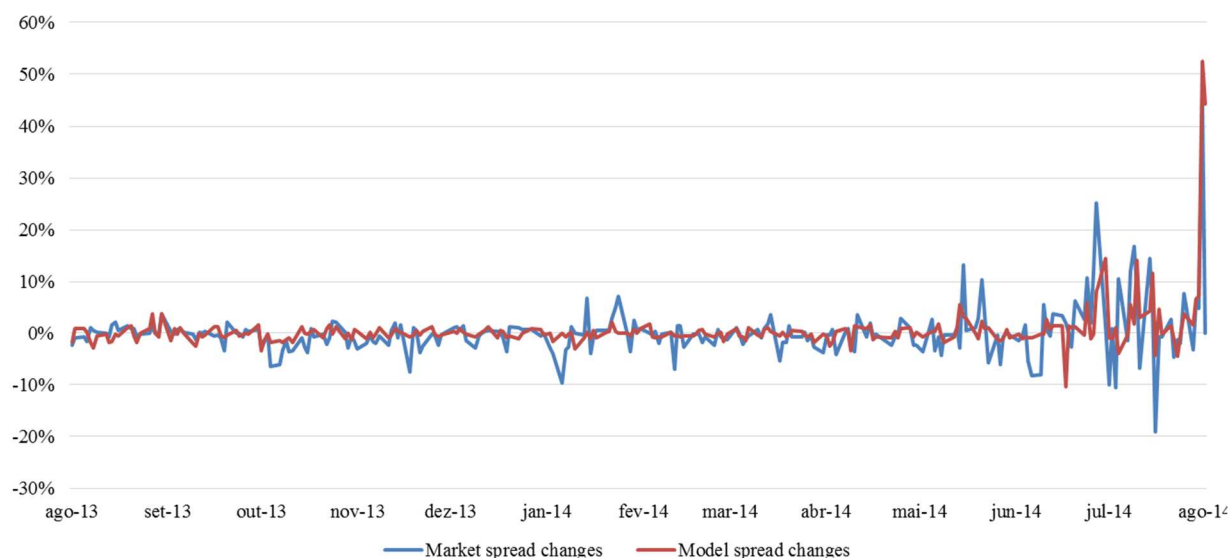


Figura 17: Variação diária dos *spreads*

Na tabela 3, resumimos a evolução mensal das probabilidades de *default*, aproximadas e exatas, estimadas pelo modelo para a empresa. Também aqui constatámos que o final do primeiro semestre foi percebido pelo modelo como o agravar da situação financeira da empresa, muito por culpa do mercado acionista que caiu desastrosamente como já tivemos oportunidade de observar.

Probabilidades de <i>Default</i>		
Dia	Aproximada	Exata
01-08-2013	45,3%	44,1%
02-09-2013	45,1%	44,3%
01-10-2013	43,3%	42,5%
01-11-2013	41,7%	41,4%
02-12-2013	41,2%	41,0%
02-01-2014	41,2%	41,1%
03-02-2014	40,4%	40,3%
03-03-2014	39,0%	39,0%
01-04-2014	37,4%	37,3%
02-05-2014	35,9%	35,8%
02-06-2014	38,2%	38,0%
01-07-2014	44,1%	43,9%
01-08-2014	74,9%	59,1%

Tabela 3: Probabilidades de *default*.

7.1. Estatística descritiva

Nesta secção debruçar-nos-emos sobre a análise estatística, com o intuito de obtermos uma descrição das séries temporais, análise essa toda ela realizada através do *software* E-Views.

Das variações diárias dos CDS *spreads*, observamos na tabela 4 que as variações dos *spreads* estimados pelo modelo (CG) formam uma distribuição mais enviesada e leptocurtica que as dos *spreads* de mercado (CDS), embora a volatilidade de ambas as distribuições sejam muito similares.

	CDS	CG
Mean	0.000694	0.005286
Median	-0.002695	-0.001680
Maximum	0.441618	0.524305
Minimum	-0.191275	-0.104711
Std. Dev.	0.049114	0.048372
Skewness	3.533483	7.981694
Kurtosis	31.36402	79.54381
Jarque-Bera	9114.238	65213.70
Probability	0.000000	0.000000
Sum	0.177779	1.353153
Sum Sq. Dev.	0.615116	0.596650
Observations	256	256

Tabela 4: Estatística descritiva das variações diárias dos *spreads*.

Através do teste de Ljung-Box da tabela 5, detetámos indícios de autocorrelação para um nível de significância de 5%, quer das variações diárias dos *spreads* CDS (ΔCDS_t) como das variações diárias dos *spreads* CG (ΔCG_t). Estes resultados podem indiciar a

ineficiência do mercado de CDS, ou seja, a possibilidade de prever o comportamento futuro do mercado podendo significar a obtenção de maiores lucros sem acréscimo de riscos.

Correlogram of CG						Correlogram of CDS					
Date: 06/14/15 Time: 19:36 Sample: 1 256 Included observations: 256						Date: 06/14/15 Time: 19:37 Sample: 1 256 Included observations: 256					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.487	0.487	61.391	0.000			1 0.150	0.150	5.8348	0.016
		2 0.136	-0.132	66.207	0.000			2 0.082	0.061	7.5837	0.023
		3 0.096	0.114	68.625	0.000			3 0.059	0.040	8.4991	0.037
		4 0.028	-0.075	68.834	0.000			4 0.103	0.087	11.302	0.023
		5 0.028	0.064	69.042	0.000			5 -0.071	-0.107	12.640	0.027
		6 -0.041	-0.114	69.484	0.000			6 -0.068	-0.060	13.871	0.031
		7 -0.032	0.061	69.755	0.000			7 -0.037	-0.017	14.233	0.047
		8 0.029	0.019	69.985	0.000			8 0.165	0.188	21.493	0.006
		9 -0.008	-0.038	70.002	0.000			9 0.090	0.078	23.649	0.005
		10 0.060	0.113	70.979	0.000			10 -0.024	-0.068	23.808	0.008
		11 0.052	-0.049	71.715	0.000			11 -0.028	-0.060	24.016	0.013
		12 0.100	0.141	74.408	0.000			12 0.067	0.032	25.213	0.014
		13 0.161	0.040	81.421	0.000			13 0.039	0.056	25.631	0.019
		14 0.084	-0.009	83.350	0.000			14 -0.118	-0.094	29.447	0.009
		15 0.155	0.158	89.961	0.000			15 0.048	0.095	30.070	0.012
		16 0.120	-0.058	93.955	0.000			16 0.107	0.063	33.218	0.007
		17 0.017	-0.004	94.033	0.000			17 0.129	0.080	37.828	0.003
		18 0.020	-0.002	94.138	0.000			18 0.005	-0.012	37.835	0.004
		19 -0.026	-0.023	94.330	0.000			19 0.092	0.069	40.200	0.003
		20 -0.022	-0.007	94.467	0.000			20 -0.076	-0.150	41.819	0.003
		21 0.035	0.068	94.807	0.000			21 0.018	0.005	41.909	0.004
		22 -0.001	-0.048	94.807	0.000			22 -0.093	-0.021	44.344	0.003
		23 0.128	0.180	99.445	0.000			23 -0.020	0.026	44.461	0.005
		24 0.170	0.028	107.63	0.000			24 0.223	0.270	58.621	0.000
		25 0.057	-0.095	108.55	0.000			25 0.108	-0.019	61.935	0.000
		26 0.007	-0.003	108.57	0.000			26 0.052	0.011	62.715	0.000
		27 0.046	0.067	109.19	0.000			27 0.154	0.086	69.581	0.000
		28 0.037	-0.094	109.58	0.000			28 0.079	-0.015	71.406	0.000
		29 0.003	0.041	109.58	0.000			29 0.070	0.097	72.844	0.000
		30 0.005	0.016	109.59	0.000			30 -0.032	-0.018	73.138	0.000
		31 0.014	-0.046	109.65	0.000			31 0.030	0.054	73.404	0.000
		32 -0.072	-0.066	111.17	0.000			32 0.020	-0.068	73.525	0.000
		33 -0.052	0.032	111.97	0.000			33 0.020	-0.005	73.647	0.000
		34 0.034	0.040	112.31	0.000			34 0.050	0.051	74.404	0.000
		35 0.015	-0.023	112.38	0.000			35 0.011	-0.008	74.440	0.000
		36 0.027	-0.014	112.59	0.000			36 0.026	-0.028	74.638	0.000

Tabela 5: Teste de Ljung-Box.

7.2. Relação entre os *spreads* teóricos e empíricos

Para testarmos o poder do modelo e estudarmos a relação entre os *spreads* de mercado e os *spreads* estimados pelo CreditGrades, construímos a regressão OLS como consta da equação (60) e calculámos as correlações entre as variáveis que compõem a regressão (tabela 6).

A correlação entre ΔCDS_t e ΔCG_t indicia uma forte relação positiva entre os *spreads* teóricos e empíricos, que poderá mesmo significar um certo nível de eficiência nos preços de mercado. Constatámos também, que as variações dos *spreads* calculados com um dia de atraso (ΔCG_{t-1}), são correlacionados positivamente com os ΔCDS_t , o que pode significar capacidade de previsão do modelo CreditGrades quanto ao comportamento futuro (no dia seguinte) do mercado.

Correlation				
	CDS	CG	CG_1_DAY_LAG	CDS_1_DAY_LAG
CDS	1.000000	0.540909	0.048666	0.150710
CG	0.540909	1.000000	0.592170	0.524675
CG_1_DAY_LAG	0.048666	0.592170	1.000000	0.658760
CDS_1_DAY_LAG	0.150710	0.524675	0.658760	1.000000

Tabela 6: Correlações entre as variáveis.

Com intuito de detetar a possibilidade de autocorrelações de primeira ordem, regredimos a expressão (60) em que os resultados são os apresentados na tabela 7. A evidência de autocorrelação entre as alterações dos *spreads* de mercado que vimos na tabela 5, não se confirma uma vez que o coeficiente α_3 , não é significativo.

O nível de covariância entre os *spreads* (empíricos e teóricos) é nos fornecido pelo parâmetro α_1 , significativamente positivo, o que confirma a relação positiva entre ambos os movimentos de *spreads*. Este aspeto revela no fundo que o modelo CreditGrades é significativo para estudar o comportamento das alterações de *spreads* de mercado no período estudado e para a empresa em questão.

É através da significância ou não do coeficiente regressor α_2 , que conseguimos detetar a capacidade de previsão do modelo. A significância deste, como consta da tabela 7, demonstra a evidência de uma relação de dependência dos movimentos dos *spreads* de mercado face aos movimentos dos *spreads* estimados com um dia de atraso. Este resultado confirma a correlação positiva entre ΔCDS_t e ΔCG_{t-1} vista anteriormente na tabela 6.

Dependent Variable: CDS				
Method: Least Squares				
Date: 06/14/15 Time: 21:56				
Sample: 1 256				
Included observations: 256				
White heteroskedasticity-consistent standard errors & covariance				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CG	0.795854	0.108144	7.359226	0.0000
CG_1_DAY_LAG	-0.531637	0.164998	-3.222076	0.0014
CDS_1_DAY_LAG	0.023257	0.125467	0.185367	0.8531
C	-0.001648	0.002368	-0.695652	0.4873
R-squared	0.406514	Mean dependent var		0.000694
Adjusted R-squared	0.399448	S.D. dependent var		0.049114
S.E. of regression	0.038061	Akaike info criterion		-3.683737
Sum squared resid	0.365063	Schwarz criterion		-3.628343
Log likelihood	475.5183	Hannan-Quinn criter.		-3.661458
F-statistic	57.53654	Durbin-Watson stat		1.939363
Prob(F-statistic)	0.000000			

Tabela 7: Regressão OLS.

A qualidade da regressão (R^2) com as variáveis usadas, cifra-se em 40,65%. Este valor indica o quanto os movimentos dos *spreads* teóricos, atuais (ΔCG_t) e com um dia de atraso (ΔCG_{t-1}), conseguem descrever movimentos dos *spreads* de mercado (ΔCDS_t).

Com estes resultados estamos aptos a apresentar na secção seguinte, uma pequena e simples estratégia de arbitragem para os testar e como estes se podem traduzir em lucros através da capacidade de previsão das alterações dos *spreads* de mercado que a utilização do modelo CreditGrades consegue comportar.

7.3. Estratégia simples de arbitragem

Embora os resultados não confirmem a existência de autocorrelação significativa nas alterações dos *spreads* de mercado, descobrimos uma forte relação entre ΔCG_{t-1} e ΔCDS_t , ou seja, entre as alterações dos *spreads* teóricos ocorridas um dia antes com as alterações dos *spreads* de mercado do próprio dia.

Para testar esta evidência e à semelhança também do trabalho de Bystrom (2006), contruímos uma estratégia de negociação onde tentámos explorar as previsões dos *spreads* sugeridas pela modelo CreditGrades. A regra de negociação escolhida foi a mais simples possível. Entrámos em posições longas no contrato CDS sobre o BES se, no dia anterior a alteração do *spread* estimado pelo modelo fosse positiva e acima de um determinado limite, ou vice-versa se o movimento tivesse sido negativo e inferior também a um determinado limite. Aleatoriamente escolhemos os limites pré-determinados $\pm 0,01$ e $\pm 0,02$.

Para transformarmos os *spreads* de mercado em *cash*, tratámo-los como se fossem *spreads* de obrigações (*bond spread*). Adicionámos o *spread* a uma taxa de juro sem risco constante, que definimo-la em 4% porque foi a média da taxa de rendibilidade das obrigações do Tesouro português emitidas à taxa fixa com maturidade a 5 anos, durante o período de estudo. Usámos este somatório para calcular o preço de uma hipotética obrigação de cupão zero com maturidade a 5 anos, tal como:

$$Bond\ spread_t = \frac{N}{[1 + 0,04 + CDS_t]^5}, \quad (61)$$

onde N é o valor nominal da obrigação.

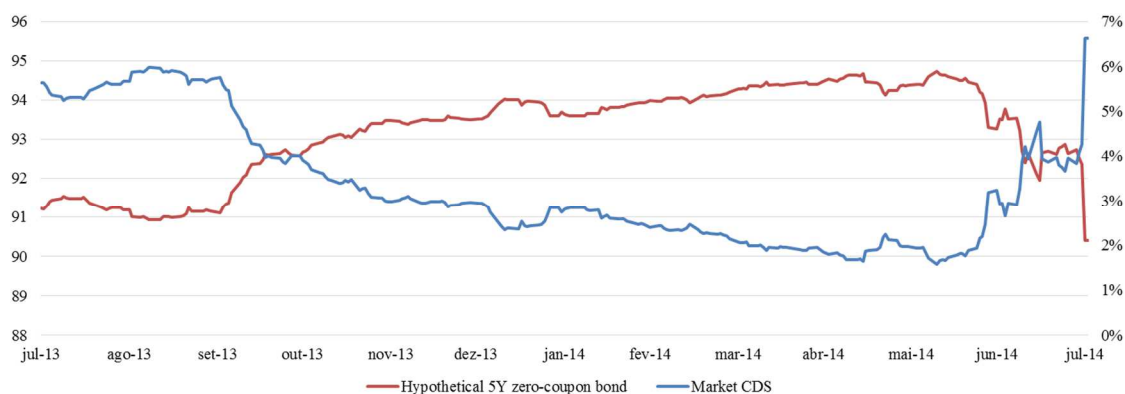


Figura 18: A transformação do CDS *spread* em spread da Obrigação.

Uma posição curta nesta obrigação é o hipotético instrumento financeiro que é transacionado na nossa estratégia, ou seja, à posição longa na obrigação corresponde uma posição curta no CDS e vice-versa.

Todos os investimentos são feitos com o mesmo montante, 1 euro, sempre reinvestido excluído dos lucros ou prejuízos. Escolhemos o horizonte temporal de 1 dia para mantermos aberta a posição de negociação, ou seja, compramos (vendemos) hoje e vendemos (compramos) amanhã, dependendo sempre da regra atrás enunciada.

A tabela 8 e 9 apresentam os resultados da estratégia com os limites de início de negociação $\pm 0,01$ e $\pm 0,02$, respetivamente.

	Total		Long CDS		Short CDS	
# dias	256	-	-	-	-	-
# posições abertas	92	36%	47	51%	45	49%
# posições fechadas c/ lucro	56	61%	26	55%	30	67%
# posições fechadas c/ prejuízo	36	39%	21	45%	15	33%
Retorno total	5,974%		5,080%		0,894%	
Média (diário)	0,065%		0,108%		0,020%	
Média (acumulado)	1,083%		-0,295%		1,378%	
Máximo (diário)	2,143%		2,143%		2,091%	
Máximo (acumulado)	5,974%		5,080%		2,091%	
Mínimo (diário)	-0,872%		-0,735%		-0,872%	
Mínimo (acumulado)	-0,589%		-0,726%		-0,227%	
Desvio padrão (retornos diários)	14,052%		7,690%		3,016%	
Desvio padrão (retornos acumulados)	11,986%		9,006%		12,600%	

Tabela 8: Resultados da estratégia de negociação com limite $\pm 0,01$.

Embora não tenhamos considerado, por simplificação, os custos de transação, constatam-se significativos retornos, mais acentuados nas posições longas em CDS. Foram abertas 92 posições com 61% dessas a gerarem retornos positivos. O retorno total da estratégia fixou-se muito perto dos 6% com impulso significativo nos últimos dias da nossa análise, período anterior ao *default*.

Se aumentarmos o nosso limite de negociação para as variações $\pm 0,02$, verificamos uma queda natural do número de posições abertas, mas as que resultaram em lucros mantiveram-se nos 61%. Constatámos também que as posições longas aumentaram o seu retorno total relativamente ao limite anterior e as curtas diminuíram para valores negativos. O retorno total fixou-se nos 4,9%.

	Total		Long CDS		Short CDS	
# dias	256	-	-	-	-	-
# posições abertas	31	12%	20	65%	11	35%
# posições fechadas c/ lucro	19	61%	13	65%	6	55%
# posições fechadas c/ prejuízo	12	39%	7	35%	5	45%
Retorno total	4,902%		5,200%		-0,298%	
Média (diário)	0,158%		0,260%		-0,027%	
Média (acumulado)	0,321%		0,265%		0,056%	
Máximo (diário)	2,143%		2,143%		0,155%	
Máximo (acumulado)	4,902%		5,200%		0,155%	
Mínimo (diário)	-0,735%		-0,735%		-0,289%	
Mínimo (acumulado)	-0,011%		-0,009%		-0,298%	
Desvio padrão (retornos diários)	3,411%		11,046%		1,870%	
Desvio padrão (retornos acumulados)	6,955%		7,768%		1,498%	

Tabela 9: Resultados da estratégia de negociação com limite $\pm 0,02$.

Ao nível do risco, com a alteração do limite de $\pm 0,01$ para $\pm 0,02$, a volatilidade reduz-se substancialmente, quer nos retornos diários considerados individualmente quer nos acumulados, embora a redução da rentabilidade da estratégia tenha caído pouco mais de 1%.

É fácil imaginar outras estratégias de arbitragem que poderíamos montar, umas mais elaboradas que outras, mas nós parámos por aqui pois o nosso objetivo passou sempre por conseguir testar a capacidade de previsão do modelo CreditGrades, objetivo este que através dos resultados alcançados, damos por concretizado.

8. Conclusões

Ao longo deste trabalho detalhámos o que são os CDS, qual o seu significado económico, quais as suas finalidades, os riscos envolvidos e os benefícios da sua utilização. Através do modelo de Merton (1974) introduzimos os modelos estruturais de avaliação do risco de crédito e ao nível empírico escolhemos o modelo CreditGrades para realizar o estudo a que nos propusemos, por se tratar de um modelo *benchmark* da indústria financeira que estabelece uma forte ligação entre o risco de crédito e o mercado acionista, utilizado por muitos profissionais quer com intuítos de negociação como de avaliação de portefólios.

Centrámos as nossas atenções no risco de crédito, nomeadamente nas métricas de avaliação como a probabilidade de *default* e os CDS *spreads*. Com base em dados de mercado e de balanço, corremos o modelo CreditGrades por forma a testar a sua calibração na ocorrência de eventos de *default*, mas principalmente na obtenção de *spreads* teóricos capazes de estudar os *spreads* observados no mercado e a adequação dos modelos estruturais à vida real, de modo a relacionar os modelos teóricos e a sua aplicabilidade a qualquer empresa cotada em bolsa.

Além de conseguir capturar os eventos de *default* inesperados, apresenta uma solução fechada para o cálculo das probabilidades de sobrevivência através de duas fórmulas distintas. A probabilidade de sobrevivência aproximada, proposta por Finger et al. (2002), e a exata, anos mais tarde por Kiesel e Veraart (2008). A diferença entre ambas na maioria dos casos é pequena, o que também aconteceu ao estudarmos o BES.

Partindo das probabilidades de sobrevivência aproximadas, calculámos os *spreads* teóricos e em confronto com os observados, procurámos evidenciar a capacidade que o modelo tem para prever as flutuações diárias dos *spreads*. A relação entre ambos os *spreads* é de grande interesse para os agentes de mercado envolvidos nas atividades de arbitragem, especulação ou *hedging*. Constatámos uma forte correlação entre ambos evidenciando significância relevante entre o mercado acionista e o mercado de CDS, correlação essa confirmada pela regressão OLS que desenhámos.

Embora não tenhamos conseguido confirmar a autocorrelação nos CDS *spreads* de mercado da empresa, detetámos uma certa capacidade de previsão do modelo CreditGrades, através das alterações dos *spreads* estimados com um dia de atraso face às alterações dos *spreads* de mercado do próprio dia.

Para quantificar economicamente a capacidade de previsão do modelo, desenhámos uma estratégia de negociação, que permitiu negociar CDS partindo de limites pré-definidos à tomada de posições, relacionados com a evolução prevista do mercado, previsão esta fornecida pelos *spreads* teóricos estimados pelo modelo. Esta estratégia produziu significativos retornos, ao ignorarmos quaisquer custos de transação, o que confirma a capacidade de previsão do modelo face ao mercado e de alguma forma vem clarificar o porquê da sua importância no meio financeiro, não só pela capacidade

demonstrada, mas também pela simplicidade da sua calibração uma vez que os seus *inputs* são todos dados pelo mercado e de fácil acesso.

8.1. Sugestões para outros estudos

Aproveitando o estudo ora desenvolvido, um dos *upgrades* que poderíamos adicionar ao modelo seria incorporar a volatilidade implícita com base em opções financeiras em detrimento da volatilidade histórica, e comparar os resultados de modo a aferir acerca das conclusões de Cao, Yu e Zhong (2010 e 2011).

Mais tentador será replicar o trabalho de Yu (2006). Partindo da capacidade de previsão do modelo CreditGrades construir-se uma estratégia de negociação baseada na arbitragem de capital, com cobertura através do mercado acionista pela técnica *delta hedging*, para constatar qual o nível de perfeição de ambos os mercados (acionista e de crédito) e se a convergência entre ambos se confirma na realidade, e quais os ganhos potenciais que pode proporcionar.

Outra das melhorias a fazer no nosso trabalho, seria incorporar na regressão linear efetuada, uma variável relativa às alterações dos *spreads* observados no índice CDR. Este índice reflete o risco de contraparte, pois é composto pelos 15 maiores *dealers* de contratos de CDS e é calculado pela média dos *spreads* dos CDS com maturidades de 5 anos negociados pelas maiores instituições financeiras mundiais. O resultado esperado seria perceber em que medida o risco da contraparte explica as cotações dos CDS.

Um dos *inputs* importantes na avaliação de CDS é a taxa de recuperação, que no estudo que levámos a cabo, partimos do princípio que seria constante o que, na realidade dos mercados não acontece. Com base no modelo deveríamos calcular a taxa de recuperação atual, através da taxa histórica.

Bibliografia

Alexander, C. & Kaech, A. (2008). Regime dependent determinants of credit default swap spreads. *Journal of Banking & Finance*, 32, pp. 1008-1021;

Alexopoulou I., Andersson M. & Georgescu O.M. (2009). An empirical study on the decoupling movements between corporate bond and CDS spreads. *ECB Working Paper* n° 1085;

Altman, E. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 23, pp. 589-609;

Bedendo, M., Cathcart, L. & El-Jahel, L. (2011). Market and Model Credit Default Swap Spreads: Mind the Gap! *European Financial Management*, 17, pp. 655-678;

BIS (2006). Basel Committee on Banking Supervision. International convergence of capital measurement and capital standards. *Bank for International Settlements*;

BIS (2010). Basel Committee on Banking Supervision. Basel III: International framework for liquidity risk measurement, standards and monitoring. *Bank for International Settlements*;

Black, F. & Cox, J. (1976). Valuing corporate securities: some effects of bond indenture provisions. *Journal of Finance*, 31, pp. 351-367;

Black, F. & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81:3, pp. 637- 654;

Blanco R., Brennan S. & Marsh I. (2005). An empirical analysis of the dynamic relationships between investment grade bonds and credit default swap. *Journal of Finance*, 60;

Bongaerts, D., de Jong, F. & Driessen, J. (2008). Liquidity and liquidity risk premia in the CDS market. *Working paper, University of Amsterdam*;

Bystrom, H. (2006). CreditGrades and the iTraxx CDS Index Market. *Financial Analysts Journal*, 62:6, pp. 65-76;

Campbell, J. & Taksler, G. (2003). Equity volatility and corporate bond yields. *Journal of Finance*, 58, pp. 2321-2350;

Cao, C., Yu, F. & Zhong, Z. (2010). The information content of option-implied volatility for credit default swap valuation. *Journal of Financial Markets*, 13, pp. 321-343;

Cao, C., Yu, F. & Zhong, Z. (2011). Pricing Credit Default Swaps with Option-Implied Volatility, *Financial Analysts Journal*, 67:4, pp. 67-76;

Collin-Dufresne, P. & Goldstein, R. (2001). Do credit spreads reflect stationary leverage ratios? *Journal of Finance*, 56, pp. 1929-1957;

Collin-Dufresne, P., Goldstein, R. & Martin, S. (2001). The determinants of credit spread changes. *Journal of Finance*, 56, pp. 2177-2207;

Cremers, M., Driessen, J., Maenhout, P. & Weinbaum, D. (2006). Individual stock-option prices and credit spreads. *Working Paper, Yale School of Management*;

Currie, A. & Morris, J. (2002). And Now for Capital Structure Arbitrage. *Euromoney* (December), 38-4;

Das, S. & Hanouna, P. (2008). Hedging credit: Equity liquidity matters. *Journal of Financial Intermediation*, 18, pp. 112-123;

Dias, J.C. (2014). *Dynamic Capital Structure and Credit Risk*, ISCTE Business School;

Duarte, J., Lonstaff, F. & Yu, F. (2007). Risk and Return in Fixed-Income Arbitrage: Nickels in Front of a Steamroller? *The Review of Financial Studies*, 20, pp. 769-811;

Ericsson, J., Jacobs, K. & Oviedo, R. (2009). The determinants of credit default swap premia. *Working paper McGill University*;

Ericsson, J., Reneby, J., & Wang, H. (2006). Can structural models price default risk? Evidence from bond and credit derivative markets. *Working paper, McGill University*;

Finger, C. C., Filkelstein, V., Pan, G., Lardy, J.P., Ta, T. & Tierney, J. (2002). *CreditGradesTM, Technical Document*. RiskMetrics Group, Inc., New York;

Geske, R. (1977). The valuation of corporate liabilities as compound options. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 12, pp. 541-552;

Huang, J. & Huang, M. (2003). How much of the corporate-treasury yield spread is due to credit risk? *Working paper, Pennsylvania State University*;

Hull, J., Nelken, I. & White, A. (2005). Merton's model, credit risk and volatility skews. *Journal of Credit Risk*, 1, pp. 1-27;

Hull J., Predescu M., & White A. (2004). The relationship between credit default swap spreads, bond yields, and credit rating announcements. *Journal of Banking and Finance*, 28, pp. 2789-2811;

Hull, J. C. (2006). *Options, futures and other derivatives*, 7th edition, Prentice Hall (Chapters 22 and 23);

JP MORGAN. (1999). *The JP Morgan guide to credit derivatives*. Risk Publications;

Kiesel, R. & Veraart L. (2008). A note on the survival probability in CreditGrades, *The Journal of Credit Risk*, 4:2, pp. 65–74;

Kiff, J. & Morrow, R. (2000). Credit Derivatives. *Bank of Canada Review*. Autumn 2000;

Leland, H. (1994). Corporate debt value, bond covenants, and optimal capital structure. *Journal of Finance*, 49, pp. 1213-1252;

Longstaff, F. A., Mithal, S. & Neis, A. (2005). Corporate yield spreads: default risk or liquidity? New evidence from the credit default swap. *Journal of Finance* 60, pp. 2213-2253;

Merton, R. C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4:1, pp. 141-183;

Merton, R. C. (1974). On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates. *The Journal of Finance*, 29:2, pp. 449-470;

Musiela, M. & Marek, R. (2004). *Martingale Methods in Financial Modelling*, 2nd ed. (Spring-Verlag, Berlin);

O'Kane, D. (2001). Credit Derivatives Explained, Market, Products, and Regulations. *Structured Credit Research*. Lehman Brothers;

O'Kane, D., Turnbull, S. (2003). Valuation of Credit Default Swaps. *Fixed Income Quantitative Credit Research*. Lehman Brothers;

Rubinstein, M. & Reiner, E. (1991). Breaking Down the Barriers, *Risk*, pp. 28-35. April;

Skinner, F. & Townend, T. (2002). An empirical analysis of credit default swaps. *International Review of Financial Analysis*, 11, pp. 297-309;

Stamizar, R., Finger, C.C. (2006). Incorporating equity derivatives into the CreditGrades model. *Journal of Credit Risk*, 2:1, pp. 3-29;

Yu, F. (2006). How Profitable is Capital Structure Arbitrage? *Financial Analysts Journal*, 62:5, pp. 47-62;

Zhang, B., Zhou, H. & Zhu, H. (2009). Explaining credit default swap spreads with equity volatility and jump risks of individual firms. *BIS Working Papers*, n° 181;

Zhou, C. (1997). A jump-difusion approach to modeling credit risk and valuing defaultable securities. *Working paper, Federal Reserve Board*;

Zhou, C. (2001). The term structure of credit spreads with jump risk. *Journal of Banking & Finance*, 25, pp. 2015-2040;

Zhu H. (2006). An empirical comparison of credit spreads between the bond market and the credit default swap market. *Journal of Financial Services Research*, Vol 29.